

Tesch, Maïke; Duit, Reinders

Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 10 (2004), S. 51-69



Quellenangabe/ Reference:

Tesch, Maïke; Duit, Reinders: Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 10 (2004), S. 51-69 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315998 - DOI: 10.25656/01:31599

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315998>

<https://doi.org/10.25656/01:31599>

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

MAIKE TESCH UND REINDERS DUIT

Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie

Zusammenfassung

Die Rolle des Experiments im Unterricht ist eine zentrale Fragestellung des Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie“, die im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms BIQUA am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel durchgeführt wird.¹ Ein Kategoriensystem zur Videoanalyse von Unterrichtsexperimenten sowie Ergebnisse der ersten Projektphase werden vorgestellt. Ziel dieser Analysen ist eine Beschreibung der methodischen Gestaltung von Unterrichtsphasen, in denen das Experimentieren eine Rolle spielt. Die Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass das Experimentieren trotz relativ kurzer Handlungsphasen (28%) den Unterrichtsverlauf zu großen Teilen, durchschnittlich 64%, beeinflusst. Typisch für eine Physikstunde im Anfangsunterricht sind Demonstrationen, die in ein Klassengespräch eingebettet sind, und instruktions-orientierte Schülerexperimente. Es zeigt sich, dass die Vor- und Nachbereitung von Experimenten, also die Einbettung in den Unterrichtsverlauf, eine wichtige Bedeutung für die Qualität des untersuchten Physikunterrichts hat.

Abstract

A major research concern of the project “A Video Study on Teaching and Learning in Physics Instruction” carried out by the Leibniz Institute for Science Education (IPN) is the role of practical activities. The study is part of the priority program “BiQua” funded by the German Research Foundation (DFG). The coding scheme on practical activities developed for an analysis of video-taped physics lessons and results of the first phase of the project are presented. This analysis is aimed at a description of instructional patterns of practical activities in German physics instruction. Practical activities play a significant role in the observed physics lessons. On average 64% of the total lesson time are influenced by practical activities, although actually carrying out experiments is observed in just 28%. A typical lesson would be composed of a demonstration within a classroom talk, or an instruction oriented student activity. The introduction and the discussion, i.e. the embedding of practical activities, is crucial for the quality of practical activities in the observed physics instruction.

1 Theoretischer Hintergrund zum Experimentieren im Unterricht

Das Experiment nimmt als wesentliches Merkmal naturwissenschaftlichen Arbeitens eine zentrale Stellung im naturwissenschaftlichen Unterricht ein. Harlen schildert in einem Forschungsreview allerdings, dass die hochgesteckten Erwartungen an das Experimentieren in der Schule oft nicht erfüllt werden können (Harlen, 1999, 7):

- Nur selten werden Experimente effektiv eingesetzt.
- Ein standardisiertes Experimentieren führt zu einem eingeschränkten Verständnis naturwissenschaftlicher Methoden.
- Viele Schülerexperimente sind trivial.
- Experimente sind oft nicht bezogen auf die Interessen und Fähigkeiten der Lernenden.

Hofstein und Lunetta (1982, 2004) mahnen an, die Diskrepanz zwischen didaktischen Theo-

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

rien und Unterrichtspraxis ernst zu nehmen und den Blick stärker auf die Verbindung von Lernen und Experimentieren, d.h. auf die Einbettung von Experimenten in den Unterricht, zu richten.

1.1 Ziele des Experimentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht

Hodson (1993) geht von drei Grundzielen des naturwissenschaftlichen Unterrichts aus:

- learning science,
- learning about science,
- doing science.

Experimentieren im Unterricht dient sehr unterschiedlichen Zielen. Die unterrichtliche Gestaltung des Experimentierens ist diesen Zielen anzupassen (Lunetta, 1998; Hodson, 1993). So geht es zum Beispiel beim Experimentieren in einem Schülerlabor um andere Ziele als in einer durchschnittlichen Unterrichtsstunde (Engeln, 2004). Eine auf europäischer Ebene durchgeführte Delphi-Studie zeigt, welche Ziele Lehrpersonen mit dem Experimentieren in der Sekundarstufe II und der Universität verbinden (Welzel et al., 1998, 33):

- Verbindung von Theorie und Praxis,
- Experimentelle Fähigkeiten,
- Methoden wissenschaftlichen Denkens,
- Motivation, Entwicklung der Persönlichkeit und der sozialen Kompetenz,
- Überprüfung von Wissen.

Die Lehrpersonen legen in dieser Studie den Schwerpunkt auf fachimmanente Ziele. Muckenfuß argumentiert hingegen, dass fachimmanente, pädagogische als auch psychologische Zielbereiche gleichwertig berücksichtigt werden sollten. Es bestehe „... die Notwendigkeit, die Gestaltung der experimentellen Tätigkeit differenziert nach der jeweiligen Zielsetzung zu variieren“ (Muckenfuß, 1995, 338).

1.2 Didaktische Rekonstruktion naturwissenschaftlicher Methoden

Anhand von Zieldimensionen können Experimente für den Unterricht „didaktisch

rekonstruiert“ (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek; 1997) werden. Dazu gehört insbesondere eine „methodische Rekonstruktion“, die sowohl die naturwissenschaftliche Methodik als auch erfolversprechende Lehr-Lern-Methoden berücksichtigt. Dabei werden naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (z.B. Hypothesenbildung, Planung von Experimenten, Interpretation von Beobachtungen) für den Unterricht adaptiert und unter lerntheoretischen Gesichtspunkten rekonstruiert.

Mit Rekonstruktion ist nicht nur eine Vereinfachung (Reduktion) der naturwissenschaftlichen Methodik auf Schulniveau gemeint. Muckenfuß (1995, 337) führt dazu an: „Experimentieren im Unterricht ist [...] im Regelfall nicht identisch mit dem Anstellen oder Nachbilden eines wissenschaftlichen Experiments im klassischen Sinne.“ Es geht insbesondere um eine Aufweitung der naturwissenschaftlichen Methodik, um die Ziele des Unterrichts umzusetzen. Dazu können z.B. auch einzelne Abschnitte naturwissenschaftlicher Forschungsprozesse (z.B. Hypothesen generieren, Versuchsplanung, Fehlerdiskussion) herausgegriffen und einzeln behandelt werden. Durch den Unterrichtszusammenhang und die verschiedenartigen Zieldimensionen ergeben sich unterrichtliche Experimentierformen wie z.B. Demonstrationsexperiment oder Stationen-Lernen, die nicht nur durch Vereinfachung, sondern auch durch eine Aufweitung der naturwissenschaftlichen Methodik unter lerntheoretischen Aspekten entstanden sind.

Es kann also im Unterricht zu verschiedenartigen Experimenten kommen, die unterschiedlichen Zielen dienen und die so nicht in der Fachmethodik vorkommen. Ebenso wie bei naturwissenschaftlichen Inhalten sollte auch beim Erlernen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen das Prinzip des exemplarischen Lernens gelten, ohne sich dabei auf eine methodische Monokultur zu beschränken (Wagenschein, 1962; Hodson, 1993; Muckenfuß, 1995; Lunetta 1998).

1.3 Vorstellungen über das Experimentieren

Die Schülerinnen und Schüler bekommen über die Unterrichtsmethodik stets auch implizit eine Vorstellung von naturwissenschaftlichem Forschen vermittelt. Bei der Planung von Unterricht spielen die Vorstellungen der Lehrperson über die „Natur der Naturwissenschaften“ eine wichtige Rolle. Lehrpersonen haben außerdem „subjektive Theorien“ zum Lernen, die als Basis für Entscheidungen im Unterricht dienen, also die Handlungen leiten. Dazu gehören auch Vorstellungen über den „richtigen“ Einsatz von Experimenten im Unterricht (Fischler, 1995). Unterrichtsmethoden, die nicht mit den subjektiven Theorien der Lehrperson im Einklang stehen, können große Schwierigkeiten bei der Umsetzung mit sich bringen (Watson, Swain & McRobbie, 1999). Eine Weiterbildung für Lehrpersonen muss also sowohl bei den subjektiven Theorien als auch bei individuellen Handlungsmustern für Unterricht ansetzen, um wünschenswerte Änderungen des Unterrichts zu ermöglichen (Fischler & Schroeder, 2003; Müller, 2004).

1.4 Lernen mithilfe von Experimenten

Die Gestaltung experimentellen Unterrichts dient der Ermöglichung von jeweils beabsichtigten Lernprozessen. Dabei kann ein Experiment bestimmte beabsichtigte Funktionen haben, die eng mit den angestrebten Zielen des Unterrichts zusammenhängen.

Wir gehen davon aus, dass für das Lernen in den Naturwissenschaften die Bezüge zwischen experimentellen Erfahrungen und naturwissenschaftlichen Interpretationen besonders wichtig sind. Weder allein durch theoretische Erklärungen, noch allein durch Experimentieren kann nach dieser Sichtweise effektiv gelernt werden. Vielmehr entstehen durch das Experimentieren Erfahrungen, die theoretisch interpretiert, abstrahiert und generalisiert werden können. Diese Erfahrungen werden auf dem Hintergrund der Vorstellungen gemacht, die bei den Schülerinnen und Schülern bereits vorhanden sind. Das Einbringen der physikalischen Sicht auf ein Phänomen, um einen Konzeptwechsel (conceptual change) einzuleiten,

ermöglicht eine alternative Interpretation der Beobachtungen und Erfahrungen. Andersherum können naturwissenschaftliche Konzepte oder Gesetze durch Experimente erfahrbar gemacht, veranschaulicht und kontextualisiert werden. Ein bereits im Unterricht thematisiertes naturwissenschaftliches Konzept oder Gesetz ermöglicht andere Beobachtungen beim Experimentieren, da es neben den bereits vorhandenen Schülervorstellungen als alternativer Interpretationshintergrund genutzt werden kann. Ein grundlegendes Problem ist dabei, dass Experimente erst „richtig“ verstanden werden können, wenn die naturwissenschaftliche Interpretation bereits bekannt ist, und naturwissenschaftliche Konzeptionen erst „richtig“ verstanden werden können, wenn man zugrunde liegende experimentelle Beobachtungen kennt. Deshalb gehen wir davon aus, dass ein effektiver Lernprozess zirkelhaft durch ein mehrfaches Beziehen von Experiment und naturwissenschaftlicher Konzeption aufeinander stattfindet (Abb. 1). „Wenn experimentelle Evidenzen eine Veränderung des mentalen Modells bewirken sollen, so ist das Experiment allenfalls ein Schritt in einem längeren Prozess [...]“ (Euler, 2001, 33).

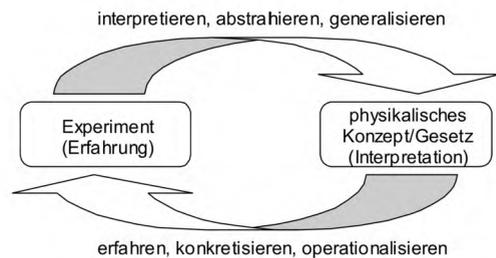


Abb. 1: Das Verhältnis von Experiment und physikalischem Konzept/Gesetz

In dieser Deutung ist das Experimentieren ein Abschnitt des Unterrichtsprozesses mit einer spezifischen Funktion im Lernprozess. Der Erfolg hängt entscheidend von der Einbettung in den Unterricht und der genauen Kenntnis der spezifischen Funktion eines einzelnen Experiments sowohl bei der Lehrperson als auch bei den Lernenden ab (Harlen, 1999). Ent-

scheidend für den Erfolg eines Experiments ist die „subtile Balance zwischen Theorie und Experiment sowie zwischen Instruktion (dem angeleiteten Lernen) und Konstruktion (der eigenständigen Exploration, Diskussion, Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente und der Darstellung der Ergebnisse)“ (Euler, 2001, 32).

1.5 Funktionen des Experimentierens

Durch das Experimentieren werden Lerngelegenheiten geschaffen, die erst durch eine Einbindung in das übrige Unterrichtsgeschehen sinnstiftend werden können. Es ist Aufgabe der Lehrperson, diese Gelegenheiten zu schaffen und durch eine effektive Einbettung in den Unterricht für die Lernenden in einsichtiger Weise nutzbar zu machen. Im Unterricht erhalten Experimentierphasen im Hinblick auf das Erreichen der weiter oben erläuterten Ziele konkrete Funktionen und mögliche Wirkungen. Kircher, Girwidz und Häußler (2000) fassen in einer Übersicht grundlegende Funktionen des Experimentierens im Unterricht zusammen (Tab. 1). Diese Übersicht ist Ausgangspunkt für die Entwicklung des Kategoriensystems für Unterrichtsexperimente, das weiter unten vorgestellt wird (s. 4.).

2 Forschungsfragen

Die Untersuchung ist Teil der ersten Projektphase der Videostudie Physik des IPN, die im Rahmen des Schwerpunktprogramms BIQUA von der DFG gefördert wird. Ziel des gesamten Videoprojekts ist, Muster unterrichtlichen Handelns und deren Zusammenhänge mit der Entwicklung von Lernleistung und Interesse zu erforschen (Seidel et al., 2002; Prenzel et al., 2002). Dabei liegt einer der Forschungsschwerpunkte auf der hier behandelten Rolle des Experiments. Es geht zunächst um die Entwicklung geeigneter Untersuchungsinstrumente und um erste Ergebnisse anhand einer ausgewählten Stichprobe. Die Forschungsmethodik dieser Untersuchung ist an Studien von Seidel (Seidel, Dalehefte & Meyer, 2001a, Seidel, 2002) innerhalb desselben Projekts angelehnt. Tina Seidel hat freundlicherweise ergänzende Daten für die hier vorgestellten Analysen zur Verfügung gestellt.

Den Analysen liegt die Vorstellung zugrunde, dass Unterricht von kulturell geteilten Skripten (Stigler, Gallimore & Hiebert; 2000) oder „Choreographien“ (Oser & Patry, 1990) bestimmt wird. Diese leiten Interaktionen und Handlungsmuster von Lehrperson und Lernenden, indem Gelegenheiten oder Hindernisse für

	1. Ein Phänomen klar und überzeugend darstellen	2. Physikalische Konzepte veranschaulichen	3. Grunderfahrungen ausbauen bzw. ausschärfen	
4. Physikalische Gesetzmäßigkeiten direkt erfahren	5. Theoretische Aussagen qualitativ prüfen	6. (Schüler-)Vorstellungen prüfen	7. Physik in Technik und Alltag aufzeigen	
8. Denkanstöße zur Wiederholung und Vertiefung geben	9. Physikalische Vorstellungen aufbauen	10. Physikalische Gesetze quantitativ prüfen	11. Physikalische Arbeitsweisen einüben	
	12. Motivieren und Interesse wecken	13. Nachhaltige Eindrücke vermitteln	14. Meilensteine unserer Kulturgeschichte aufzeigen	

Tab. 1: Funktionen des Experimentierens nach Kircher et al. (2000, 259)

das Lernen geschaffen werden (Seidel, 2002). Deutsche Schülerinnen und Schüler haben laut TIMSS und PISA gerade im Bereich der naturwissenschaftlichen Prozesse und bei problemorientierten Aufgaben Schwierigkeiten (Baumert et al., 1997; Prenzel et al., 2001). Der deutsche Physikunterricht der Oberstufe wird auf der Basis von Schülerbefragungen hauptsächlich als Unterricht beschrieben, in dem die Lehrpersonen mithilfe von Demonstrationsexperimenten physikalische Gedankengänge entwickeln (Baumert & Köller, 2000). Das gelenkte Schülerexperiment kommt selten und die eigenständige Entwicklung von Experimenten durch Schülerinnen und Schüler praktisch nicht vor. Die dominierende Unterrichtsform kann als eine Kombination von Lehrerexperiment, Lehrervortrag und fragend-entwickelndem Unterrichtsgespräch mit starker Lehrerlenkung beschrieben werden (vgl. Leisen, 1999; zitiert nach: Schecker, 2001). Nach der TIMS-Videostudie ist deutscher Mathematikunterricht von rigiden Formen des sogenannten fragend-entwickelnden Verfahrens dominiert (Stigler et al., 1999). Es stellt sich die Frage, inwieweit sich dieses Ergebnis auf den Physikunterricht der Sekundarstufe I übertragen lässt, da naturwissenschaftlicher Unterricht durch das Experimentieren zusätzliches methodisches Gestaltungspotenzial hat. Es werden in diesem Artikel Ergebnisse zu folgenden Forschungsfragen berichtet:

- Welche Handlungsmuster lassen sich für das Experimentieren im Physikanfangsunterricht beobachten und beschreiben? Welche individuellen Unterschiede treten bei den Lehrpersonen auf?
- Welche Unterschiede beim Experimentieren gibt es zwischen den beiden untersuchten Fachgebieten Mechanik und Elektrizitätslehre?
- Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den Entwicklungen von Leistung und Interesse der Schülerinnen und Schüler und den

Handlungsmustern beim Experimentieren im Unterricht?

Im Folgenden werden die Methodik und das Design der Videostudie erläutert, anschließend das Kategoriensystem zur Analyse von Unterrichtsexperimenten und schließlich die Ergebnisse der Videoanalysen der ersten Projektphase vorgestellt.

3 Methodik und Design

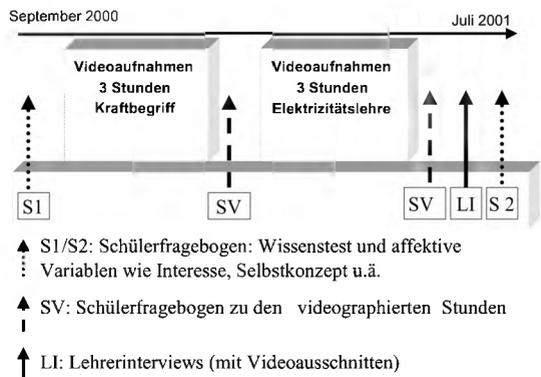


Abb. 2: Design der ersten Phase der Videostudie Physik

Die Videostudie Physik gliedert sich in drei Phasen. In der ersten Phase (2000-2002) wurde der Physikanfangsunterricht (7. bzw. 8. Schuljahr) von 13 Lehrpersonen (344 Schülerinnen und Schüler) aus Gymnasien und Realschulen² in Schleswig-Holstein und Bayern über ein Schuljahr hinweg untersucht (Abb. 2). Es wurden je Lehrperson zwei jeweils dreistündige Unterrichtssequenzen zur Einführung in den elektrischen Stromkreis und den Kraftbegriff aufgezeichnet (Seidel, Dalehfeite & Meyer, 2001b). Zu Beginn und Ende des Schuljahres wurde ein Leistungstest mit den Schülerinnen und Schülern durchgeführt und es wurden Daten zu affektiven Variablen wie Interesse, Selbstkonzept u.ä. erfasst (Rimmele, Seidel & Müller, 2001). Für die zweite Projektphase (2002-2004) wurden 50 Schulen in vier Bundesländern zufällig ausgewählt und jeweils

2) Die Schulen aus denen die Lehrpersonen stammen, nahmen am BLK-Modellversuch SINUS (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts) teil: <http://blk.mat.uni-bayreuth.de/blk>

zwei aufeinander folgende Physikstunden in der 9. Klasse aufgezeichnet. Anhand dieser Daten sollen die hier vorgestellten Ergebnisse überprüft werden. Eine Parallelstudie in der Deutschschweiz erlaubt Vergleiche zwischen zwei Ländern mit unterschiedlichen Lehrtraditionen in der betreffenden Schulstufe.

Um das Experimentieren im Unterricht objektiv beschreiben zu können, wurde auf der Basis der oben geschilderten Literaturanalyse (insbesondere Kircher et al., 2000) ein Kategoriensystem zur systematischen Videoanalyse von Unterrichtsexperimenten (Tesch, 2001; Tesch & Duit, 2001) entwickelt. Es wurde nach einem so genannten Zeitstichprobenplan kodiert, d.h. eine zeitintervallbasierte Kodierung durchgeführt. Bei den gewählten 10-sec-Sequenzen ergab sich für die entwickelten Kategorien eine Beobachterübereinstimmung von mindestens 85% ($Kappa > .8$) (Tesch & Duit, 2001; Tesch, 2003).

Zur Analyse der Unterrichtsvideos wurden die Programme CatMovie (Wild, 1999) und Videograph (Rimmele, 2002) eingesetzt. Die erste Projektphase ist als explorative Feldstudie organisiert und dient in erster Linie der Entwicklung und Erprobung von Erhebungsinstrumenten, so dass die gewonnenen Aussagen über den Unterricht lediglich als Hypothesen verstanden werden dürfen. Es handelt sich in dieser Projektphase um eine spezielle Stichprobe, die keine allgemeinen Aussagen über „deutschen Physikunterricht“ oder eine „normale“ Physikstunde erlaubt. Allerdings erhält man wichtige Hinweise, was die Besonderheiten und das Typische am Unterricht sein könnten und wo die Grenzen verwendeter Methoden liegen.

4 Beschreibung des Kategoriensystems für Unterrichtsexperimente

Das Kategoriensystem besteht aus mehreren Facetten, die jeweils aus einer Liste von disjunkten Kategorien zusammengesetzt sind:

- Experimentierphasen
- Offenheit der Vor- und Nachbereitung
- Organisationsform
- Datenerfassung

- Sachbegegnung
- Unterrichtsphase
- Funktion des Experimentierens

Es wird im folgenden Abschnitt zu jeder Facette eine kurze Beschreibung der Grundidee gegeben und es werden die damit verbundenen Forschungsfragen vorgestellt. Es wird eine graphische Übersicht gegeben, der schließlich – wenn nötig – eine kurze inhaltliche Erläuterung der Kategorien folgt. Genaue Beschreibungen der Kategorien mit Beispielen und spezifischen Abgrenzungen können dem Kodierungsmanual entnommen werden (Tesch & Duit, 2001; Tesch, 2003).

4.1 Experimentierphasen

Es wird eine Grundkodierung der Stunden durchgeführt, um die Anteile einer Stunde, die vom Experimentieren geprägt sind, herauszufinden. Dabei werden auch Phasen der Vor- und Nachbereitung von Experimenten kodiert. Alle weiteren Kodierungen beziehen sich dann auf diese Stundenabschnitte.

Wie viel Unterrichtszeit wird dem Experimentieren gewidmet? Wie viel Unterrichtszeit steht in explizitem Zusammenhang mit dem Experimentieren und wie viel Unterrichtszeit hat gar keinen Bezug zu Experimenten?

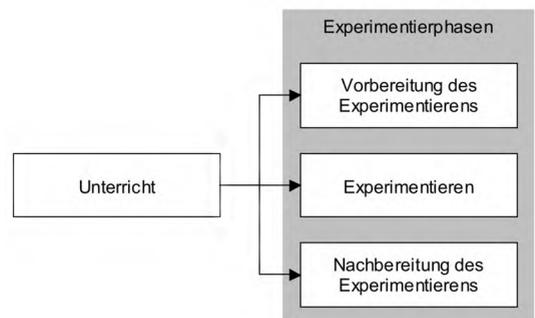


Abb. 3: Experimentierphasen

Inhaltliche Erläuterung

Mit Vorbereitung ist sowohl die Entwicklung oder Vorstellung einer Fragestellung, als auch die Planung und Organisation der folgenden Handlungsphase „Experimentieren“ gemeint. Das Experimentieren umfasst das Aufbauen

und die Durchführung eines Experiments. Unter Nachbereitung verstehen wir jeglichen Unterricht, der sich auf ein Experiment bezieht, z.B. auch Unterrichtsgespräche, in denen explizit auf ein Experiment verwiesen wird.

4.2 Offenheit der Vor- und Nachbereitung

Die Vorbereitung und Nachbereitung des Experimentierens wird auf die Offenheit der Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler untersucht. Es wurde darauf verzichtet, verschiedene Grade von Offenheit zu betrachten.

Haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, eigene Ideen für Experimente zu entwickeln? Besteht die Gelegenheit zur eigenständigen Planung von Experimenten? Werden während der Analyse und Interpretation der Beobachtungen eigenständige Beiträge der Schülerinnen und Schüler gefordert, und wird auf Ideen und Vorschläge der Schülerinnen und Schüler eingegangen?

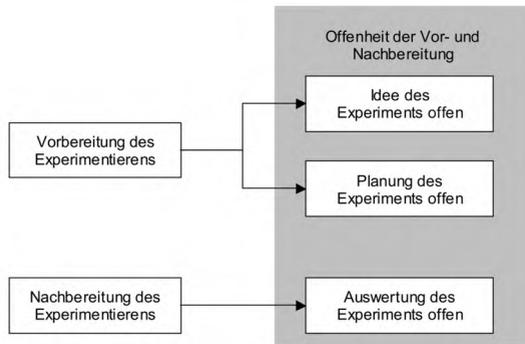


Abb. 4: Offenheit der Vor- und Nachbereitung

Inhaltliche Erläuterung

Während der Experimentierphase „Vorbereitung“ wird kodiert, ob die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, eigene Ideen für Experimente einzubringen. Wenn die Lehrperson die Idee des Experiments vorgibt oder die Schülerinnen und Schüler in einem gelenkten Gespräch eine bestimmte Idee nennen sollen, wird die Situation als nicht offen kodiert. Während der Vorbereitung wird außerdem kodiert, ob die Planung des Aufbaus und der Durchführung eines Experiments offen gestaltet sind, d.h. die Schülerinnen und

Schüler eigenständig arbeiten. Die Planung ist nicht offen, wenn eine mündliche oder schriftliche Anleitung vorgegeben ist. Ein gelenktes Gespräch wird als nicht offen kodiert, da die Schülerinnen und Schüler kaum Einfluss auf das Ergebnis dieses Gesprächs haben. Während der Experimentierphase „Nachbereitung“ wird kodiert, ob die Auswertung des Experiments von den Schülerinnen und Schülern eigenständig mitgestaltet werden kann. Eine offene Situation ist hier z.B. die eigenständige Beschreibung der Beobachtungsdaten oder eigene Überlegungen für eine Interpretation.

4.3 Klassifikation der Experimente: Organisationsform

Die Experimentierphase „Experimentieren“ wird zusätzlich mit mehreren Facetten klassifiziert.

Welche Anteile des Experimentierens entfallen auf Demonstrationen, welche auf Schülerexperimente? Werden die Schülerinnen und Schüler mit in Demonstrationen einbezogen? Werden Versuchsreihen oder Einzelexperimente vorgeführt? Wird bei Schülerexperimenten einzeln oder in Gruppen experimentiert? Bekommen alle Gruppen die gleiche Aufgabe oder wird arbeitsteilig vorgegangen? Kommt die spezielle Form des Lernens an Stationen vor?

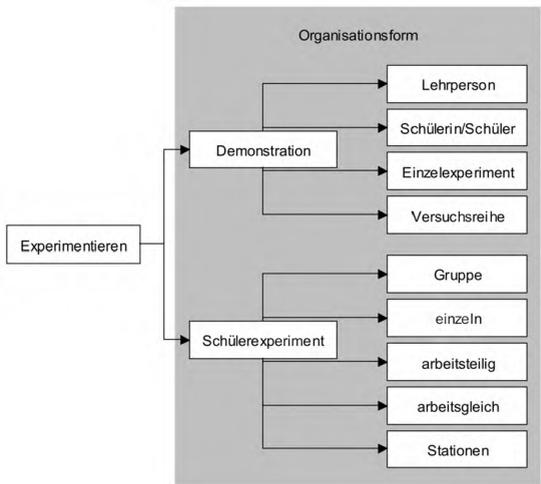


Abb. 5: Organisationsform

4.4 Klassifikation der Experimente: Datenerfassung, Sachbegegnung und Unterrichtsphase

Zu welchen Anteilen werden qualitative bzw. quantitative Beobachtungen durchgeführt? Mit welchen Materialien wird experimentiert? In welcher Unterrichtsphase finden die Experimente statt?

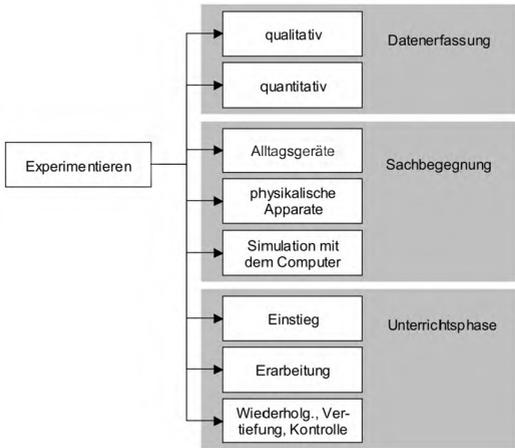


Abb. 6: Datenerfassung, Sachbegegnung und Unterrichtsphase

4.5 Funktion des Experimentierens

Durch die Einbettung experimenteller Tätigkeiten in den Unterrichtsverlauf bekommen diese eine spezifische Funktion im Lehr-Lern-Prozess. Mit dieser Facette wird untersucht, welche Funktion das Unterrichtsexperiment bezüglich seines physikalischen Inhalts hat. Es geht hier um die Frage, ob das Lernen mit experimenteller Erfahrung oder theoretischer Konzeption begonnen wird.

Welche Funktion haben die Experimente bezüglich des physikalischen Inhalts? Geht es um ein erstes Kennenlernen eines Phänomens, eine Veranschaulichung bzw. Operationalisierung eines physikalischen Konzepts oder werden Hypothesen getestet?

Inhaltliche Erläuterung

Es werden drei Funktionen des Experiments unterschieden. „Ein Phänomen darstellen“ bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler Grunderfahrungen machen, zu denen

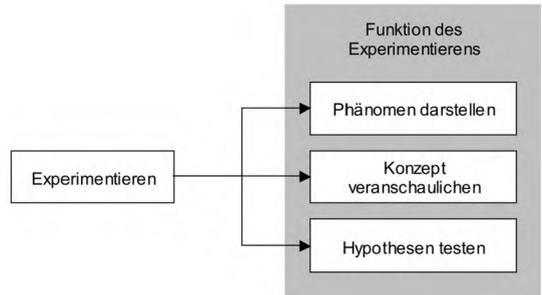


Abb. 7: Funktion des Experimentierens

Begriffe, Konzepte und Gesetze noch nicht bekannt sind. „Physikalische Konzepte und Gesetze veranschaulichen“ bedeutet, dass ein bekannter physikalischer Sachverhalt in einem Versuch gezielt untersucht, und so veranschaulicht oder operationalisiert wird. „Hypothesen testen“ bedeutet im Gegensatz zu den beiden anderen Kategorien, dass hier ein physikalischer Sachverhalt zur Diskussion steht. Durch diese Experimente werden Vermutungen qualitativ oder quantitativ überprüft.

Ausgeschlossene Kategorien

Eine Reihe weiterer Funktionen eines Experiments (Kircher et al., 2000), die zunächst in das Kategoriensystem mit aufgenommen wurden, konnte im Rahmen dieser Untersuchung anhand eines Zeitstichprobenplans nicht kodiert werden: z.B. physikalische Gesetzmäßigkeiten direkt erfahren, Schülervorstellungen prüfen und ändern, Meilensteine unserer Kulturgeschichte aufzeigen (vgl. Tesch & Duit, 2001; Tesch, 2003). Es lässt sich allein aus den Beobachtungen des Unterrichts innerhalb der gewählten Zeitintervalle von 10 Sekunden nicht erkennen, ob diese Funktionen beabsichtigt waren oder nicht. Um zu untersuchen, ob diese Funktionen im Unterricht eine Rolle spielen, müssen vertiefte Analysen des Lehr-Lern-Geschehens durchgeführt werden.

Bei der Sachbegegnung wurde die Kategorie „Gedankenexperiment“ aus dem Kodiersystem ausgeschlossen, da sich keine gute Übereinstimmung verschiedener Kodiererinnen ergab. Im Unterricht gibt es zwar häufig theoretische Überlegungen zu Experimenten. Es ist aber schwer zu beurteilen, ob ein Gedankenex-

periment im eigentlichen Sinne durchgeführt wird.

5 Ergebnisse

Die Kodierung aller aufgenommenen Unterrichtsstunden liefert zunächst deskriptive Befunde. Wegen der geringen Anzahl von Lehrpersonen wird zwischen Schulformen und Bundesländern nicht differenziert. Es geht um eine grundlegende Beschreibung der Experimentierkultur in deutschem Physikunterricht anhand einer ausgewählten Stichprobe, die mit den Daten der zweiten Projektphase (2002-2004) überprüft wird. Die geschilderten Zusammenhänge zwischen Unterrichtsmerkmalen und Testergebnissen sind als Hypothesen für diese zweite Projektphase der Videostudie zu verstehen.

Im Folgenden sind alle Angaben von Minuten als Mittelwerte pro Unterrichtsstunde angegeben. Auch die Prozentangaben sind Mittelwerte und haben als Referenzgröße jeweils die durchschnittliche effektive Unterrichtszeit (Seidel et al., 2002) der Lehrpersonen.

sind es sogar über 80% der Unterrichtszeit. Es wird insgesamt mehr Zeit für Vor- und Nachbereiten als für das eigentliche Experimentieren aufgewendet. Die durchschnittliche Zeit für

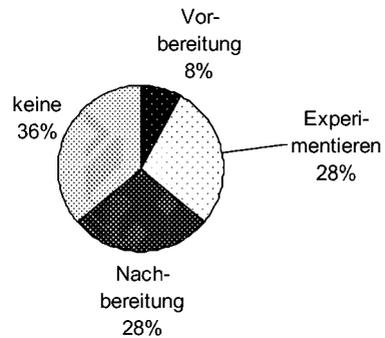


Abb. 8: Experimentierphasen prozentual

Vorbereitungen von Experimenten liegt pro Unterrichtsstunde relativ einheitlich bei 3 min (8% der effektiven Unterrichtszeit).

In der Vorbereitungszeit haben die Schülerinnen und Schüler äußerst selten die Ge-

		Mittelwert	Min	Max	E-Lehre	Mechanik
Experimentierphasen	Vorbereitung	3	2	5	4	2
	Experimentieren	12	3	22	17	6
	Nachbereitung	11	2	19	10	12
	Gesamt (Summe)	26	19	35	31	20
Offenheit	Idee	0	0	1	0	0
	Planung	1	0	2	1	0
	Auswertung	1	0	5	1	0

Tab. 2: Experimentierphasen und Offenheit (Angaben in Minuten pro Unterrichtsstunde)

5.1 Experimentierphasen und Offenheit der Vor- und Nachbereitung

Es zeigt sich, dass rund zwei Drittel der Unterrichtszeit (64%) in, teilweise lockerem, Zusammenhang mit dem Experimentieren gestaltet werden (Abb. 8). Bei einzelnen Lehrpersonen

legenheit, eigene Ideen für Experimente zu äußern, nur bei wenigen Experimenten wird eine eigenständige Planung oder Auswertung verlangt (Tab. 2). Im Anfangsunterricht zur Mechanik kommen solche eigenständigen Lernaktivitäten praktisch nicht vor. Ein typi-

sches Vorgehen lässt sich kurz beschreiben als Experiment mit Überraschungseffekt: Das Experiment ist meist eine Lehrerdemonstration und wird ohne eine ausführliche inhaltliche Hinführung oder Zielbeschreibung durchgeführt, weil der physikalische Effekt in gewisser Weise überraschen soll.

Sowohl beim eigentlichen Experimentieren, als auch bei der Nachbereitung gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Lehrpersonen. Im Durchschnitt über alle aufgezeichneten Stunden wird zwar etwa gleich viel experimentiert und nachbereitet (Abb. 8), für die einzelnen Lehrpersonen trifft dies jedoch nicht zu. Das Verhältnis von Experimentierzeit zu Nachbereitungszeit schwankt zwischen 1:5 und 8:1 (Abb. 9).

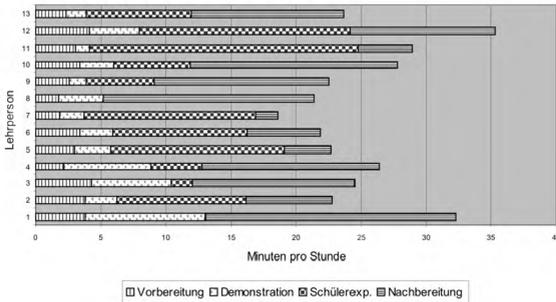


Abb. 9: Mittlere Dauer der Experimentierphasen für alle Lehrpersonen

Es ergeben sich bei den Experimentierphasen nicht nur große Unterschiede zwischen den Lehrpersonen (Abb. 9), sondern erwartungsgemäß auch zwischen den beiden untersuchten

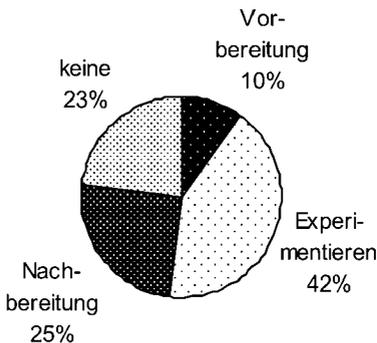


Abb. 10: Experimentierphasen prozentual; Elektrizitätslehre

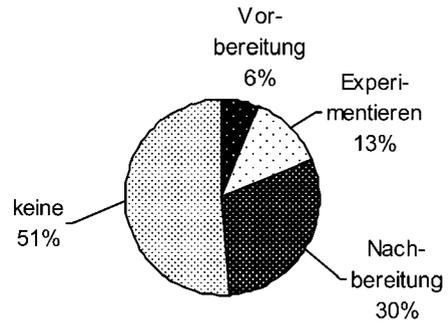


Abb. 11: Experimentierphasen prozentual; Mechanik

Fachgebieten Elektrizitätslehre (Stromkreis) und Mechanik (Kraft) (Abb. 10 und Abb. 11). 77% der Unterrichtszeit zum Stromkreis finden im Zusammenhang mit Experimenten statt, beim Kraftbegriff sind es lediglich 49%. Interessant dabei ist, dass die Vor- und Nachbereitungszeit der Experimente in beiden Fachgebieten etwa gleich viel Zeit einnimmt und nur die Experimentierzeit selbst in der Mechanik wesentlich kürzer ist.

Die Unterschiede zwischen den beiden Fachgebieten sind auch im Phasenverlauf der Unterrichtsstunden deutlich zu erkennen. Die Stunden verlaufen typischerweise völlig unterschiedlich. Während es bei der Einführung in die Elektrizitätslehre längere Experimente als Demonstration oder Schülergruppenarbeit gibt, wird die Einführung in die Mechanik hauptsächlich als Klassengespräch mit kürzeren Demonstrationen durchgeführt (Abb. 12).

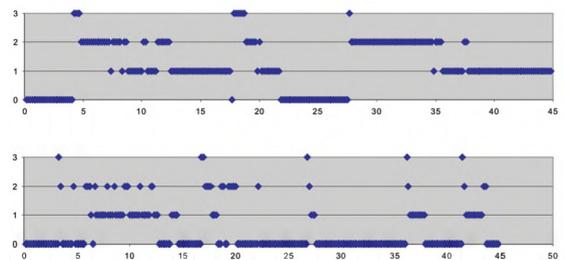


Abb. 12a und 12b: Zeitlicher Verlauf (in Minuten) der Experimentierphasen der 1. Stunde in Elektrizitätslehre (oben) und Mechanik (unten) eines Lehrers (Nr.4), Experimentierphasen: 0=keine, 3=Vorbereitung, 2=Experimentieren, 1=Nachbereitung

5.2 Organisationsform

Für beide behandelten Themen zusammengefasst wird etwa ein Drittel der Experimentierzeit für Demonstrationen, zwei Drittel werden für Schülerexperimente verwendet (Tab. 3). Bei Demonstrationsexperimenten werden zu einem Drittel Schülerinnen oder Schüler zum Experimentieren aufgefordert, die restliche Zeit experimentieren die Lehrpersonen. Bei den Schülerexperimenten wird zum größten Teil arbeitsgleich experimentiert.

(Seidel et al., 2002; Prenzel et al., 2002), gibt es in dieser Stichprobe zwei verschiedene Unterrichtsmuster: Eines besteht hauptsächlich aus Klassengesprächen, Lehrervorträgen und Demonstrationen und das andere aus einer Kombination von Klassengesprächen und Schülerarbeitsphasen.

Bei Schülerexperimenten gibt es mehrere Möglichkeiten zur Gestaltung der Nachbereitung. Sie reicht von einer an den naturwissenschaftlichen Prozessen orientierten Auswertung (Ana-

		Mittelwert	Min	Max	E-Lehre	Mechanik
Experimentierphase	Experimentieren	12	3	22	17	6
Organisation	Demonstration Lehrperson	2	1	6	3	2
	Demonstration Schülerin/Schüler	1	0	4	2	1
	Schülerin/Schüler einzeln	0	0	3	1	0
	Schülerinnen und Schüler in Gruppen	8	0	21	12	2
Demonstration	gesamt	4	1	9	4	3
Davon	Einzelexperiment	2	1	7	3	2
	Versuchsreihe	1	0	3	2	1
Schülerexperiment	gesamt	8	0	21	13	2
Davon	arbeitsgleich	5	0	21	7	2
	arbeitsteilig	0	0	2	0	0
	Stationen-Lernen	3	0	13	6	0

Tab. 3: Organisationform (Angaben in Minuten pro Unterrichtsstunde)

In der Elektrizitätslehre nehmen die Schülerexperimente weitaus mehr Zeit ein als die Demonstrationsexperimente, bei der Mechanik kommen sie etwa gleich häufig vor. Schüler-einzelexperimente kommen selten und dann nur in der Elektrizitätslehre vor. Stationen-Lernen kommt ausschließlich in der Elektrizitätslehre und nur in drei Realschulklassen einer Schule vor.

Bei der Organisationsform gibt es große Unterschiede zwischen den einzelnen Lehrpersonen. Ein Lehrer verzichtet vollständig auf Schülerexperimente. Wie bereits berichtet

lyse, Interpretation und Diskussion der Beobachtungen oder Daten) bis hin zu einem an das Experimentieren anschließenden Vorstellen der physikalischen Theorie, wobei auf idealtypische Beobachtungen zurückverwiesen wird. Die Gestaltung des Experiments hängt dabei entscheidend davon ab, auf welche Weise die Beobachtungen oder Daten während der Nachbereitungsphase genutzt werden sollen. Selten kommen in dieser Stichprobe z.B. arbeitsteilige Schülerexperimente vor, bei deren Nachbereitung verschiedene Präsentationstechniken geübt werden könnten. Die Aus-

wertung und Interpretation von Experimenten wird meist im Klassengespräch unter der Lenkung der Lehrperson durchgeführt.

5.3 Datenerfassung

Beim Experimentieren finden zu mehr als 90% qualitative Betrachtungen statt, wobei es in der Elektrizitätslehre nur qualitative und in der Mechanik etwa gleich häufig qualitative und quantitative Experimente gibt (Tab. 4). Bei qualitativem Experimentieren gibt es mit einer Minimaldauer von 1 min und einer Maximaldauer von 22 min erhebliche Unterschiede zwischen den Lehrpersonen. Quantitative Experimente werden meist vorgeführt und finden überwiegend in der Mechanik statt. Dabei handelt es sich in der Regel um Experimente zum Messen von Kräften.

bei der Einführung in den Stromkreis häufig Schülerexperimente mit vorgefertigtem Experimentiermaterial gewählt werden. In einer Reihe von Fällen werden zwar Alltagsgeräte benutzt, der Alltagskontext wird aber nicht thematisiert oder zum besseren Verstehen genutzt (Widodo, 2004).

Simulationen mit dem Computer kommen im Anfangsunterricht nicht vor. Der Umgang mit Modellen und Simulationen wird vermutlich in der zweiten Projektphase in der 9. Klasse eine größere Bedeutung haben.

5.5 Unterrichtsphase und Funktion des Experimentierens

Die meiste Experimentierzeit entfällt auf die Phase der Erarbeitung (Tab. 5). Dies gilt für beide Themen. Was die kodierten Funktionen

		Mittelwert	Min	Max	E-Lehre	Mechanik
Experimentierphase	Experimentieren	12	3	22	17	6
Datenerfassung	qualitativ	11	1	22	17	3
	quantitativ	1	0	5	0	3
Sachbegegnung	Alltagsgerät	3	0	13	3	3
	phys. Geräte	9	0	22	14	3
	Simulation Computer	0	0	0	0	0

Tab. 4: Datenerfassung und Sachbegegnung (Angaben in Minuten pro Unterrichtsstunde)

5.4 Sachbegegnung und Alltagsgeräte

Etwa ein Viertel der Experimentierzeit entfällt auf Alltagsgeräte, der Rest auf physikalische Geräte und vorgefertigtes Schülerexperimentiermaterial (Tab. 4). Etwa gleich viel Zeit wird für Alltagsgeräte in der Elektrizitätslehre und in der Mechanik verwendet. In der Mechanik entspricht das rund der Hälfte der Experimentierzeit, in der Elektrizitätslehre nur rund 20%. Der Einsatz von Alltagsgeräten ist bei den Lehrpersonen sehr unterschiedlich. Die Hälfte der Lehrpersonen nutzt während weniger als 15% der Experimentierzeit Alltagsgeräte, ein Drittel der Lehrpersonen während mehr als 50%. In der Mechanik werden viele kurze Demonstrationen mit Alltagsgeräten vorgeführt, während

des Experimentierens angeht, so entfällt rund zwei Drittel der Experimentierzeit auf die Vorstellung von Phänomenen, rund ein Drittel auf die Veranschaulichung von Gesetzen, aber nur etwa 1% auf das Testen von Hypothesen. Auch bei diesen Kategorien ergeben sich keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Themen.

Experimente dienen offenbar schwerpunktmäßig dem Vorstellen eines Phänomens und der anschließenden Erarbeitung physikalischer Zusammenhänge. Sowohl in der Erarbeitungswie in der Vertiefungsphase wird das Experiment auch eingesetzt, um ein Konzept bzw. Gesetz zu veranschaulichen. Es gibt auch das folgende „zirkelhafte“ Vorgehen, das für einen

		Mittelwert	Min	Max	E-Lehre	Mechanik
Experimentierphase	Experimentieren	12	3	22	17	6
Unterrichtsphase	Einstieg	1	0	2	1	0
	Erarbeitung	10	0	21	14	4
	Wiederh./Vertiefen...	2	0	4	2	1
Funktion	Phänomen darstellen	8	2	18	13	3
	Konzept/Gesetz veranschaulichen	4	0	9	5	2
	Hypothese testen	0	0	1	0	0

Tab. 5: Unterrichtsphase und Funktion (Angaben in Minuten pro Unterrichtsstunde)

fließenden Übergang zwischen Erarbeitungs- und Vertiefungsphase sorgt. Ein Phänomen wird durch ein Experiment vorgestellt und theoretisch erklärt, worauf eine weitere veranschaulichende Demonstration folgt.

Interessant ist, dass dem Testen von Hypothesen in den Interviews mit den Lehrpersonen zwar eine große Bedeutung zugeschrieben wird (Müller & Duit, 2004; Müller, 2004), es aber in den aufgezeichneten Unterrichtsstunden nur selten vorkommt.

5.6 Zusammenhang von Experimentier-Kategorien mit den Entwicklungen affektiver Variablen und den Leistungen der Schülerinnen und Schüler

Am Beginn und Ende des Schuljahres wurde den Schülerinnen und Schülern ein Fragebogen zu affektiven Variablen wie Interesse, Selbstkonzept u.ä. sowie ein Leistungstest mit Aufgaben zu den beiden Themen Stromkreis und Kraft vorgelegt (Rimmele et al., 2001). Die Ergebnisse geben Auskunft über die Entwicklung der affektiven Variablen und der Leistung im betreffenden Schuljahr. Als Maß für die Entwicklung wurde der residuale Zuwachs der einzelnen affektiven Variablen (z.B. des Interesses) und der residuale Zuwachs der Leistung gewählt. Dieses Maß gibt an, ob sich das Interesse bzw. die Leistung im Laufe des Jahres mehr oder weniger als nach einer linearen Regression zu erwarten gesteigert hat. Dieses Maß ist insbesondere beim Leistungszuwachs angezeigt, weil der Test am Ende des Jahres eine Reihe von Aufgaben enthielt, die

am Beginn des Schuljahres noch nicht gestellt werden konnten. Positive Werte des Residuum kennzeichnen Klassen, die oberhalb der Regressionsgerade, negative Werte Klassen, die unterhalb dieser Gerade liegen. In anderen Worten, je höher der Wert des Residuum desto „befriedigender“ ist die Entwicklung der Leistung bzw. des Interesses. Die 13 untersuchten Klassen unterscheiden sich erheblich hinsichtlich der Entwicklung der affektiven Variablen und der Entwicklung der Leistung (Seidel et al., 2003). Im folgenden wird untersucht, ob es signifikante Zusammenhänge zwischen bestimmten Kennzeichen des Experimentierens und der Entwicklung affektiver Variablen und der Leistung gibt.

In Tab. 6 ist für die 13 Klassen (Lehrpersonen) folgendes eingetragen. Zunächst die Gesamtdauer aller drei Experimentierphasen (in folgenden Spalten für die drei Phasen getrennt). Es folgen die Ergebnisse des so genannten Mediansplits. Es wird der Mittelwert der Experimentierdauern bestimmt. Das Zeichen + bedeutet, dass bei dieser Klasse die Experimentierdauer größer, das Zeichen – entsprechend, dass sie kleiner als der Mittelwert ist. Werte für einen Mediansplit werden in Tab. 6 auch für die Kategorie „Alltagsgeräte“ sowie für die Residuen der Leistungs- und Interessenentwicklung angegeben.

Es ergibt sich eine perfekte Übereinstimmung der + und – Zeichen für die Zeilen zur Gesamtdauer der Experimentierphasen und der Leistungsentwicklung und eine weniger gute Passung bei der Kategorie „Alltagsgeräte“. Dar-

Lehrpersonen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Experimentierphasen gesamt	32	23	24	26	23	22	19	21	23	28	29	35	24
Mediansplit	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Vorbereitung	4	4	4	2	3	3	2	2	3	3	3	4	2
Experimentieren	9	12	8	11	16	13	15	3	7	9	22	20	10
Nachbereitung	19	7	12	14	4	6	2	16	13	16	4	11	12
Alltagsgeräte	3	1	0	6	2	0	1	0	6	3	0	13	5
Alltagsgeräte Mediansplit	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
Mediansplit Leistungsentwicklung	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Mediansplit Interessenentwicklung	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-

Tab. 6: Mittlere Dauer der Experimentierphasen pro Unterrichtsstunde in Minuten

aus ist zu schließen, dass es den folgenden Zusammenhang zwischen der Gesamtdauer der Experimentierphasen und der Leistungsentwicklung gibt: Je stärker der Unterricht durch Experimente bestimmt ist, desto besser ist die Leistungsentwicklung. Deutliche Zusammenhänge zwischen den aufgeführten Kategorien und der Interessenentwicklung gibt es nicht.

Bei größeren Stichproben von Lehrpersonen würde man hier mit einer Korrelationsmatrix arbeiten. Da dies für die kleine Stichprobe problematisch ist, wird die beschriebene Methode verwendet, um Zusammenhänge zu erkunden.

In unserer kleinen Stichprobe von 13 Lehrpersonen gibt es einen klaren Zusammenhang der Gesamtdauer aller Experimentierphasen (Summe von Vorbereitung, Experimentieren und Nachbereitung) mit der Leistungsentwicklung. Alle Klassen, deren Leistungsentwicklung über dem Median liegt, haben auch eine Gesamt-Experimentierdauer (Summe), die über dem Median liegt. Die Lehrperson (12) mit der besten Leistungsentwicklung hat auch die höchste gesamte Experimentierdauer. Weniger starke Zusammenhänge gibt es zwischen den Dauern der Vorbereitungs- und der Nachbereitungsphase und der Leistungsentwicklung. Keinen

Zusammenhang allerdings gibt es zwischen der eigentlichen Experimentierphase und der Leistungsentwicklung. Das bedeutet, dass viel (oder wenig) Experimentieren nicht notwendig mit einer besseren Leistungsentwicklung verbunden ist.

Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Einbettung der Experimente in den Unterricht, wie in der Literatur berichtet (Harlen, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004), ein entscheidender Qualitätsfaktor naturwissenschaftlichen Unterrichts ist. Es wird in vertiefenden Analysen untersucht werden, wie die verschiedenen Lehrpersonen die Experimente in den Unterricht einbetten. Insbesondere die Nachbereitungsphase sollte dabei eine große Rolle spielen. Es wird untersucht, welche Rolle Beobachtungen oder Daten in dieser Phase spielen, wie auf Alltagsvorstellungen und die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler, sowie auf unterschiedliche Sprachebenen und Begriffsverwendungen in den Klassengesprächen eingegangen wird.

Für den Einsatz von Alltagsgeräten ergibt sich in dieser Stichprobe kein klarer Zusammenhang mit der Leistungs- und Interessenentwicklung der Schülerinnen und Schüler. Insgesamt ergibt sich weder für den Einsatz von Alltagsmaterialien, noch für die Nutzung von Alltagskontexten in dieser Stichprobe ein

klarer Zusammenhang zur Leistungs- oder Interessenentwicklung (Widodo, 2004).

6 Diskussion

Der hier analysierte Mittelstufen-Unterricht ist weder ein typischer Demonstrationsunterricht, wie Baumert und Köller (2000) ihn auf der Basis einer Schülerbefragung in der Oberstufe beschreiben, noch „Kreide- und Schwammphysik“, die in der Geschichte des Physikunterrichts eine wichtige Rolle spielte (Lind, 1996). Der Unterricht ist in allen beobachteten Klassen stark von Experimenten geprägt. Das Experiment steht häufig im Mittelpunkt. Es gibt sowohl Demonstrations- als auch Schülerexperimente in nennenswertem Umfang. Allerdings stellen wir – in Übereinstimmung mit Baumert und Köller (2000) – fest, dass eigenständiges Experimentieren kaum eine Rolle spielt.

Bei einer Befragung von Lehrpersonen (Merzlyn, 1994) ergab sich eine mittlere Experimentierzeit von 34%. In unserer Studie erhalten wir einen Wert in gleicher Größenordnung, nämlich 28%. Es wurde jedoch festgestellt, dass auf die Vor- und Nachbereitung der Experimente ein etwas größerer Anteil der Stunden entfällt, als auf das eigentliche Experimentieren. Im Mittel drehen sich etwa zwei Drittel des Unterrichts um Experimente. Die Unterrichtsstunden sind dadurch variantenreicher als die in der TIMS-Videostudie analysierten Mathematikstunden (Stigler et al., 1999). Doch auch in den hier analysierten Physikstunden zeigt sich, dass ein enggeführtes quasi-fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch phasenweise sehr dominant ist (Seidel et al., 2002). Schülerexperimente nehmen zwar einen beachtlichen Raum ein, werden allerdings nicht immer zielgerichtet eingesetzt. Es bleibt zu analysieren, ob sich die Einbettung von Demonstrations- und Schülerexperimenten in den Unterricht wesentlich unterscheidet. Schülerexperimente haben spezifische Zielbereiche und dadurch auch bestimmte Funktionen im Unterrichtsverlauf. Wird dies nicht berücksichtigt, weil die verhältnismäßig zeitaufwändigen Schülerexperimente genauso nachbereitet werden wie Demonstrationsexperimente, so können diese

spezifischen Lernfunktionen und -ziele nicht genutzt werden. Wenn es in der Nachbereitung – auch bei Demonstrationen – zu einer Einführung des Klassengesprächs kommt, werden ebenfalls Lerngelegenheiten verpasst.

6.1 Experimentieren in verschiedenen Fachgebieten

Es bestehen große Unterschiede bei der Gestaltung von Experimenten bei der Einführung in den elektrischen Stromkreis und in den Kraftbegriff. Die Zeit für das eigentliche Experimentieren ist beim Stromkreis etwa doppelt so lang wie beim Kraftbegriff. Beim Stromkreis gibt es in der Regel relativ lange Experimentierphasen, das Schülerexperiment spielt hier eine wichtige Rolle. Schülerinnen und Schüler bauen häufig Schaltungen mit Quellen, elektrischen Geräten und Schaltern auf. Bei der Einführung des Kraftbegriffs dagegen gibt es vor allem recht kurze Experimente, häufig mit Alltagsgeräten, um die zentralen Kennzeichen des Kraftbegriffs zu illustrieren. Schülerexperimente werden häufig erst bei Untersuchungen zu Kraftmessungen (u.a. zur unterschiedlichen Dehnung von Federn und Gummibändern) durchgeführt.

Die hier vorgestellten Untersuchungen, die auf kategorienbasierten Kodierungen der Videos beruhen, erlauben es zwar, die dominanten Muster des Experimentierens zu beschreiben. Sie beantworten allerdings nicht die Frage, ob die Unterschiede in der Gestaltung beabsichtigt sind oder ob sie sich zumindest didaktisch rechtfertigen lassen. Warum wird in der Elektrizitätslehre so viel mehr als in der Mechanik mit Lehrmitteln experimentiert? Warum wird in der Mechanik so viel mehr mit Alltagsgeräten experimentiert und gleichzeitig über Begriffsdefinitionen und Alltagssprache diskutiert? Warum gibt es in der Mechanik so viele Demonstrationen und so wenige Schülerexperimente? Warum wird in der Mechanik so oft quantitativ experimentiert? Eine fachdidaktische Diskussion dieser Fragestellungen bedarf weitergehender Analysen. Sie würden mehr Aufschluss über nicht hinterfragte Gestaltungsmuster geben. Dabei wäre u.a. interessant zu

erfahren, welche Kriterien die Entscheidungen der Lehrpersonen leiten.

6.2 Zusammenhänge mit den Schülervariablen

Es hat sich in den hier beschriebenen Untersuchungen gezeigt, dass die gesamte Unterrichtszeit, die sich um Experimente dreht (inkl. Vor- und Nachbereitung) positiv mit der Leistungsentwicklung der Schülerinnen und Schüler zusammenhängt, nicht aber die reine Experimentierzeit. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Einbettung von Experimenten in den Unterricht ein wichtiger Qualitätsfaktor von Physikunterricht ist. Bei der Diskussion um experimentelle Methoden im naturwissenschaftlichen Unterricht ist also prinzipiell zu bedenken, wie ein bestimmtes Experiment zum Erreichen bestimmter Ziele beitragen und welche Funktionen es im Unterrichtsverlauf und im Lernprozess haben kann. Aus der Literatur zum Schülerexperiment ist bekannt, dass Schülerexperimente nicht generell zu besseren Lernleistungen führen (Hofstein & Lunetta, 2004). Dies könnte damit zusammenhängen, dass diese relativ lange dauernden Experimentierphasen nur noch kurz inhaltlich besprochen werden können. Die Diskussion und Wertung der Ergebnisse kommt dann zu kurz, es fehlt die entscheidende Einbettung des Experiments in den Unterricht.

6.3 Grenzen der Untersuchung

Wie oben näher ausgeführt worden ist, werden mit dem Experimentieren im Unterricht sehr unterschiedliche Ziele verbunden. In der vorliegenden Studie haben wir auf Schülerseite nur die Entwicklung affektiver Variablen (wie Interesse und Selbstkonzept) und die Entwicklung der fachlichen Leistung (zu den beiden aufgezeichneten Themen Stromkreis und Kraft) im Verlaufe eines Schuljahres überprüfen können. Bei der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen bestimmten Mustern des Experimentierens und der Entwicklung affektiver Variablen und der Leistung haben wir gewissermaßen unterstellt (d.h. vorausgesetzt), dass diese Muster typisch auch für den Physikunterricht sind, den wir nicht aufgezeichnet haben. Inso-

fern ist es bemerkenswert, dass wir hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Gesamtdauer des Unterrichts, die vom Experiment bestimmt ist, und der Entwicklung der Leistung einen signifikanten Zusammenhang erhalten haben. Dieser muss freilich in der zweiten Phase der Videostudie überprüft werden. Hinsichtlich der Entwicklung affektiver Variablen haben wir keine nennenswerten Zusammenhänge aufdecken können. Dies Ergebnis scheint in Übereinstimmung mit der Literatur zu sein, die z.B. aufgedeckt hat, dass Schülerexperimente nicht notwendig interessefördernd sind (Hofstein & Lunetta, 2004).

Die vom Experiment in der Regel erwartete Förderung des Verstehens naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen, die vertiefte Einsicht in die „Natur“ der Naturwissenschaften sowie die Förderung des „handwerklichen“ Umgangs mit Geräten konnten nicht untersucht werden. Dazu wären aufwändige Testinstrumente nötig gewesen (u.a. performance tests, wie sie in einer ergänzenden TIMS-Studie verwendet worden sind; s. Labudde & Stebler, 1999). Im Rahmen der Videostudie Physik war es nicht möglich, sie zusätzlich einzusetzen.

6.4 Resümee und zukünftige Forschungsrichtungen

Die Videostudie Physik liefert zu einer empirischen Beschreibung typischen deutschen Physikunterrichts einen wichtigen Beitrag, auch wenn die hier vorgestellte Analyse im Rahmen der ersten Projektphase noch keine Verallgemeinerungen zulässt. Die verwendete Videotechnik ermöglicht neue methodische Zugänge zum Unterrichtsgeschehen, die mit Befragungstechniken nicht möglich sind. Die Studie stellt wichtige Beiträge zur Diskussion über Reformen des naturwissenschaftlichen Unterrichts bereit, indem sie die bisher gängige Praxis wissenschaftlich beschreibt. Es wird durch Studien wie diese sichtbar, in wie weit didaktische Konzepte und neue Unterrichtsmethoden tatsächlich Eingang in den Unterricht gefunden haben. Sie führt auch zu neuen fachdidaktischen Fragestellungen – wie zum Beispiel zur unterschiedlichen Verwendung von Experimenten in den beiden untersuch-

ten Fachgebieten. Videostudien wie diese leisten darüber hinaus wichtige Beiträge zur Grundlagenforschung zum Lehren und Lernen im Unterricht (s. dazu Zusammenfassungen bisheriger Forschungsergebnisse: Seidel et al., 2002; Prenzel et al., 2002) und zur Entwicklung von neuen Konzepten zur Lehrerbildung. Es zeigt sich, zum Beispiel, dass die Konzeptionen „guten Unterrichts“ aus fachdidaktischer und erziehungswissenschaftlicher Sicht in vieler Hinsicht mit den diesbezüglichen Konzeptionen der Lehrpersonen in der Praxis nicht zusammenpassen – nicht allein zum Experimentieren (Müller, 2004). Weiterhin decken die Untersuchungen der Videostudie auf, dass die subjektiven Theorien der Lehrpersonen über „guten“ Unterricht nicht immer völlig mit ihrer eigenen Praxis übereinstimmen. Was die Rolle des Experimentierens im Unterricht angeht, so stellen Müller und Duit (2004) zum Beispiel fest, dass alle Lehrpersonen in einem Interview die wichtige Rolle des Schülerexperiments betonen, dass aber eine Reihe von ihnen überhaupt keine oder nur wenige Schülerexperimente durchführt. Die hier vorgestellten Interpretationen und Hypothesen werden an der Stichprobe der zweiten Projektphase der Videostudie überprüft. Dabei wird auch Gelegenheit sein, die Unterrichtskulturen zum Experimentieren in der Deutschschweiz und in Deutschland miteinander zu vergleichen.

Dank

Die hier vorgestellte Studie wurde vom Stifterverband der Deutschen Wissenschaften durch ein Stipendium an Maïke Tesch unterstützt. Die Videostudie des IPN wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Bildungsqualität von Schule“ (<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua/biqua.htm>) gefördert. Wir möchten weiterhin der gesamten Projektgruppe der Videostudie Physik danken.

7 Literatur

- Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und Naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe (pp. 271-316). Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., Köller, O. & Neubrand, J. (1997). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: Authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Dissertation in Didaktik der Physik. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Euler, M. (2001). Lernen durch Experimentieren. In U. Ringelband, M. Prenzel & M. Euler (Hrsg.), Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft (pp. 13-42). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Fischler, H. & Schroeder, H.-J. (2003). Fachdidaktisches Coaching für Lehrende in der Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 9, 43-62.
- Fischler, H. (1995). Vorstellungen vom Lehren und Lernen: Entwicklungen und Verformungen. In H. Kemper & E. Rau (Hrsg.): Formation und Transformation. Spuren in Bildungsforschung und Bildungspolitik (pp. 91-119). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Harlen, W. (1999). Effective teaching of science. Edinburgh: The Scottish Council for Research in Education (SCRE).
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. (1982). The role of laboratory in science teaching: Neglected aspects of

- research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (2000). *Physikdidaktik*. Braunschweig: Vieweg.
- Labudde, P. & Stebler, R. (1999). Lern- und Prüfungsaufgaben für den Physikunterricht. Erträge aus dem TIMSS-Experimentiertest. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 10, Heft 54, 23-31.
- Leisen, J. (1999, November). *Lehrerbildung nach TIMSS*. Manuskript zu einem Vortrag auf der Bundesfachleitertagung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Kassel. Zitiert nach Schecker (2001).
- Lind, G. (1996). Das Experiment in der „Kreide- und Schwammphysik“. *Geschichte der experimentellen Methode im Physikunterricht* (3. Teil). *Physik in der Schule*, 34, 5/96, 180-182.
- Lunetta, V. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 249-262). Dordrecht: Kluwer.
- Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht*. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen.
- Müller, C. (2004). Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht. Berlin: Logos.
- Müller, C. & Duit, R. (2004). Funktionen des Experiments: Vorstellungen von Lehrern und Unterrichtsrealität. In A. Pitton (Hrsg.), *Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Band 24 (pp. 33-35). Münster: LIT Verlag.
- Oser, F. & Patry, J.-L. (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens*. Basismodelle des Unterrichts. Fribourg: Universität Fribourg.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). *Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse*. In Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.), *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (pp. 191-248). Opladen: Leske + Budrich.
- Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmele, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C. T. & Widodo, A. (2002). *Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht – eine Videostudie*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, 129-156.
- Rimmele, R. (2002). *Videograph. Multimedia-Player zur Kodierung von Videos*. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften..
- Rimmele, R., Seidel, T. & Müller, C. (2001). *Skalendokumentation*. In Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M. & Seidel, T. (Hrsg.), *Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – Eine Videostudie“* (pp. 157-211). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Schecker, H. (2001). *TIMSS – Konsequenzen für den Physikunterricht*. In BMBF (Hrsg.), *TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht* (pp. 85-97). München: Mediahaus Biering Grafischer Betrieb.
- Seidel, T. (2002). *Lehr-Lernskripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Prozesse beim Lernen – Eine Videostudie im Physikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Dalehefte, I.M. & Meyer, L. (2001a). *Videoanalysen – Beobachtungsschemata zur Erfassung von „Sichtstrukturen“ im Physikunterricht*. In Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M. & Seidel, T. (Hrsg.), *Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – Eine Videostudie“* (pp. 41-45). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Seidel, T., Dalehefte, I.M. & Meyer, L. (2001b). *Richtlinien für die Videoaufzeichnungen*. In M. Prenzel, R. Duit, M. Euler, M. Lehrke & T. Seidel (Hrsg.), *Erhebungs- und Auswertungsverfahren*

- des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – Eine Videostudie“ (pp. 5-23). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Lehrke, M., Rimmele, R., Dalehefte, I.M., Meyer, L., Tesch, M., Euler, M. & Müller, C. (2003). Arbeitsbericht zum DFG-Projekt „Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht – eine Videostudie“. Zweite Projektphase 2002-2004. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C. & Rimmele, R. (2002). „Jetzt bitte alle nach vorn schauen!“ – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. *Unterrichtswissenschaft*, 30(1), 52-77.
- Stigler, J.W., Gallimore, R. & Hiebert, J. (2000). Using video surveys to compare classrooms and teaching across cultures: examples and lessons from the TIMSS Video Studies. *Educational Psychologist*, 35(2), 87-100.
- Stigler, J.W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S. & Serrano, S. (1999). The TIMSS videotape classroom study: Methods and findings from an exploratory research project on eight-grade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States. U.S. Department of Education, National Centre for Education Statistics (199NCES 99-074). Washington DC: U.S. Government Printing Office (<http://nces.ed.gov/timss>).
- Tesch, M. & Duit, R. (2001). Videoanalysen – Kategorien zur Analyse des Experiments. In M. Prenzel, R. Duit, M. Euler, M. Lehrke & T. Seidel (Hrsg.), *Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – Eine Videostudie“* (pp. 95-110). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Tesch, M. (2001). Zur Rolle des Experiments im Physikunterricht – Aus der Sicht der Literatur und der Analyse von videografiertem Unterricht. Hausarbeit im Rahmen einer ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Kiel. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Tesch, M. (2003). Experimente im Physikunterricht. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (pp. 129-149). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Wagenschein, M. (1962). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.
- Watson, J.R., Swain, J.R.L. & McRobbie, C. (1999). The interaction between teaching styles and pupil autonomy in practical science investigations – a case study. In Leach, J. & Paulsen, A.C. (Eds.), *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies* (pp. 148-159). Dordrecht: Kluwer & Roskilde: Roskilde University Press.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & von Aufschnaiter, S. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 4, 29-44.
- Widodo, A. (2004). *Constructivist oriented lessons: The learning environments and the teaching sequences*. Frankfurt a.M.: Peter Lang.
- Wild, K.-P. (1999). *CatMovie 4. Eine Software zur Unterstützung der Kodierung digitalen Videomaterials*. Neubiberg: Universität der Bundeswehr München.
- Maike Tesch ist Doktorandin in der Abteilung für Didaktik der Physik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel und beschäftigt sich mit videobasierten Analysen von Physikunterricht.
- Maike Tesch
IPN, Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24098 Kiel
- Dr. Reinders Duit ist Professor für Didaktik der Physik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel.
- Prof. Dr. Reinders Duit
IPN, Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24098 Kiel