

Wie Physikunterricht in der Praxis aussieht



Ergebnisse einer Videostudie

Reinders Duit

Eine Projektgruppe des IPN¹⁾ untersucht die Praxis des deutschen Physikunterrichts in der Sekundarstufe I. An der ersten Phase dieser Studie (2000 bis 2002) nahmen 13 Lehrerinnen und Lehrer (9 aus dem Gymnasium, 4 aus der Realschule) aus Bayern und Schleswig-Holstein teil. Sie stammten aus Schulen, die am BLK-Modellversuchsprogramm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS; s. Prenzel & Duit, 1999) teilnahmen. In der zweiten Phase (2002 bis 2004) waren es 50 Lehrkräfte – zusätzlich aus Baden-Württemberg und Brandenburg. Die Schulen, in denen sie unterrichteten, wurden per Zufall ausgewählt. Eine Parallelstudie in der Deutschschweiz (unter Leitung von Peter Labudde) wird es erlauben, den Physikunterricht in zwei Ländern mit unterschiedlicher unterrichtlicher Tradition zu vergleichen. In der sich anschließenden dritten Phase (2004 bis 2006) werden die Ergebnisse der Studien genutzt, um neue Möglichkeiten zur „Lehrerprofessionalisierung“ zu untersuchen.

Ziele der Studien

- Wie werden Lehr-Lernprozesse im deutschen Physikunterricht gestaltet?
- Welche Muster des Unterrichts („Skripts“) sind dominant?
- Welche Rolle spielen Experimente im Unterricht?
- Welche Folgerungen ergeben sich für die Verbesserung des Physikunterrichts?

Ziel der Studien ist es, das Denken der Lehrkräfte über ihren Unterricht sowie ihr Unterrichtsverhalten zu verstehen. Es geht darum, Möglichkeiten zur Verbesserung des Unterrichts zu erkunden, nicht darum, den Lehrkräften „Defizite“ nachzuweisen.

Univ. Prof. Dr. Reinders Duit, Physikdidaktiker am IPN in Kiel, berichtete über dieses Thema in der Fortbildungswoche 2005.

¹⁾ Das Team der Videostudien in den ersten beiden Phasen: Manfred Prenzel, Tina Seidel, Reinders Duit, Manfred Euler, Manfred Lehrke, Rolf Rimmelme, Inger-Marie Dalehefte, Lena Meyer, Christoph T. Müller, Maike Tesch, Ari Widodo. Die Studien werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Schwerpunktprogramms BiQua (Bildungsqualität

Design der Studien

In der ersten Phase wurden – im Abstand von etwa einem halben Schuljahr – die ersten drei Unterrichtsstunden zur Einführung in den elektrischen Stromkreis und in den Kraftbegriff aufgezeichnet. In der zweiten Phase haben wir nur zwei aufeinander folgende Unterrichtsstunden zum Thema Kraftbegriff oder Linsen / Optische Geräte aufgezeichnet (s. das Design der zweiten Phase in Abb. 1). Die Videoaufzeichnungen wurde ergänzt durch eine Reihe von Befragungen von Schülerinnen und Schülern sowie von Lehrerinnen und Lehrern (Prenzel, Duit, Euler, Lehrke & Seidel, 2001; Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2003).

Am Beginn und am Ende des Schuljahrs bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler einen Fragebogen. Dabei handelte es sich einerseits um Testaufgaben zu den aufgezeichneten Themen sowie andererseits um Fragen zum Interesse und zu weiteren affektiven Variablen. Diese Ergebnisse erlauben es zu untersuchen, welche „Muster“ des Unterrichts mit einem guten Lernzuwachs und einer guten Entwicklung des Interesses verbunden sind. Direkt nach Aufzeichnung der Unterrichtsstunden beurteilten die Schülerinnen und Schüler den abgelaufenen Unterricht. Weiterhin wurden ihnen Fragebögen zu einigen zentralen Skalen des IQ und zu ihren Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaften vorgelegt.

In der zweiten Phase füllten die Lehrkräfte vor den Videoaufnahmen einen Fragebogen zu ihren Vorstellungen vom Lehren und Lernen der Physik aus. Mit 20 – per Zufall ausgewählten – Lehrkräften wurden ausführliche Interviews geführt. In der ersten Phase wurden nur Interviews mit allen Lehrkräften geführt. Mit diesen Gesprächen war es möglich, Näheres über die Vorstellungen der Lehrkräfte zu „gutem“ Unterricht sowie über ihre Einschätzung des eigenen aufgezeichneten Unterrichts zu erhalten.

von Schule) gefördert (<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/video/videostu.html>). In der dritten Phase gibt es zwei Teilprojekte:

- (1) „Lernen aus Unterrichtsvideos für Physiklehrkräfte (Tina Seidel und Manfred Prenzel; <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/luv/index.html>).
- (2) „Lehrerprofessionalisierung durch eine zielgerichtete videogestützte Intervention“ (Reinders Duit und Manfred Lehrke; <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/vint/index.html>).

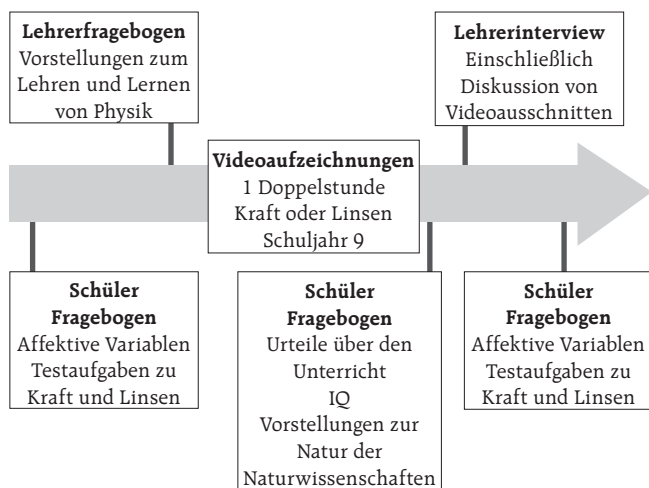


Abb. 1: Design der zweiten Phase der Videostudie Physik

Zur Aufzeichnung und Auswertung der Videos

Die Unterrichtsstunden wurden mit zwei Digitalkameras aufgezeichnet, die eine Kamera war stets auf die Lehrkraft gerichtet, die andere hatte die gesamte Klasse im Blick. Die Aufzeichnungen wurden (komprimiert) auf CD überspielt. Eine spezielle Software (Rimmele, 2004) erlaubt die Kodierung der Videos im Takt von 10 Sekunden. Kodiert wurden u.a. die folgenden Aspekte (Prenzel et al., 2001; Seidel et al., 2003), die wichtige Kennzeichen des Unterrichts erfassen:

- **Basiskodierung**
Arbeitsformen: Klassengespräch, Stillarbeit, Gruppenarbeit
Experimentalformen: Demo Lehrer / Schüler, Schülerexperimente
Phasen: Wiederholen, Lernen neuer Inhalte, Experimentieren
- **Lernunterstützung beim Klassengespräch**
Umgang mit Schülerbeiträgen, Anwendungsbezüge, Zielorientierung
- **Rolle des Experiments**
Phasen: Vorbereitung / Durchführung / Nachbereitung
Offenheit: Idee / Planung / Auswertung
Sachbegegnung: Freihand / Alltagsgerät / phys. Gerät / Simulation
Funktion: Phänomen darstellen / Begriffe, Gesetze veranschaulichen.

Von jeder Unterrichtsstunde wurde weiterhin die Sachstruktur in Form eines Flussdiagramms dargestellt, um die fachliche Schlüssigkeit und die Vernetzung der Inhalte beurteilen zu können (Müller & Duit, 2004; s. ein Beispiel eines Diagramms in Abb. 2).

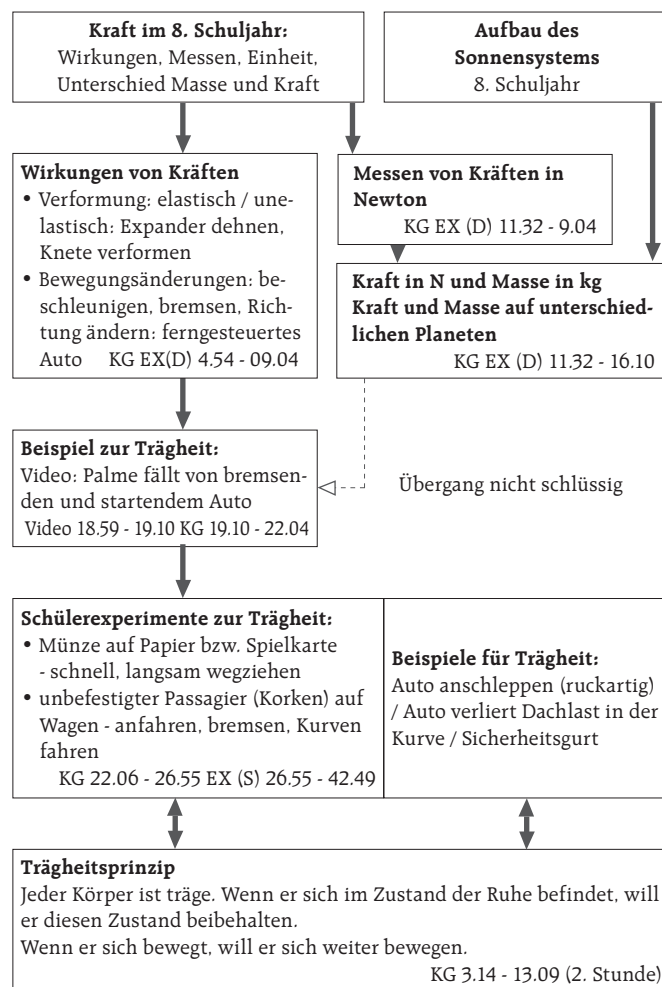


Abb. 2: Design der zweiten Phase der Videostudie Physik

Wichtige Ergebnisse

Die Ergebnisse der Videostudie können hier nicht im Einzelnen dargestellt werden (Seidel et al., 2002; Prenzel et al., 2002; Seidel & Prenzel, 2004; Tesch & Duit, 2004; Widodo & Duit, 2004; Müller & Duit, 2004; Duit & Tesch, 2005). Es kann nur eine kurze Zusammenfassung gegeben werden, bei der die Ergebnisse der ersten Phase und auch bereits vorliegende Ergebnisse der zweiten Phase der Videostudie berücksichtigt sind.

Wichtig ist Folgendes: Es war Ziel der Videostudie zu „dokumentieren“, wie Physikunterricht in den Schuljahren 7 bis 9 aussieht und welche Muster des Unterrichts mit günstiger Entwicklung von Leistung und Interesse verbunden sind. Es ging uns nicht darum, den Lehrkräften „Defizite“ nachzuweisen. Wir wollten vielmehr Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten – wo es nötig erscheint – bekommen.

Unterrichtliche Arbeitsformen und Unterrichtsphasen

Wie aus Tab. 1 hervorgeht, ist der Unterricht der 50 Lehrkräfte, die an der zweiten Phase der Videostudie teilnahmen, sehr lehrerzentriert. Als Mittelwert ergibt sich für alle

Schülerarbeitsphasen ein Anteil von 17% der Unterrichtszeit. Allerdings gibt es große Unterschiede zwischen den Lehrkräften. Der Anteil des Klassengesprächs variiert von 19% bis 100% der Unterrichtszeit. Bei den Unterrichtsphasen dominiert – naturgemäß – das Erarbeiten neuer Inhalte. Allerdings ist bemerkenswert, wie wenig Unterrichtszeit für den Einstieg, also die Einführung in das Thema einer Stunde zur Verfügung steht. Eine Arbeitsrückschau kommt sehr selten vor. Auch das so wichtige Sichern und Üben sowie das Anwenden und Vertiefen nimmt meist nur wenig Raum ein.

| Unterrichtliche Arbeitsformen | |
|--------------------------------------|-------------|
| Lehrervortrag | 13,8 |
| Diktat/Hefteinträge | 4,5 |
| Klassengespräch | 13,4 |
| Still-/Einzelarbeit | 1,9 |
| Partnerarbeit | 0,9 |
| Gruppenarbeit | 4,9 |
| Unterrichtsphasen | |
| Wiederholung | 1,1 |
| Einstieg/Einführung | 0,2 |
| Erarbeiten neuer Inhalte/Instruktion | 31,5 |
| Sichern/Üben | 0,1 |
| Anwenden/Vertiefen | 1,6 |
| Zusammenfassen | 6,3 |
| Arbeitsrückschau | 0,0 |
| Leistungs-/Hausaufgabenkontrolle | 0,4 |
| Mittlere Unterrichtszeit | 43,2 |

Tab. 1: Durchschnittliche Zeit in Minuten für Unterrichtsaktivitäten (50 Lehrkräfte; Zweite Phase der Videostudie; Daten: Seidel & Prenzel, 2004)

Experimentieren

| Phasen des Experimentierens | |
|------------------------------------|------|
| Vorbereitung | 13,8 |
| Experimentieren | 4,5 |
| Nachbereitung | 13,4 |
| Offenheit | |
| Idee | 0,9 |
| Planung | 4,9 |
| Organisationsform | |
| Demo Lehrkraft | 2,4 |
| Demo Schüler | 0,8 |
| Schülerexperiment | 5,1 |
| Sachbegegnung | |
| Alltagsgeräte | 1,6 |
| Phys. Geräte | 6,7 |
| Simulation mit dem Computer | 0,1 |
| Funktion des Experiments | |
| Experiment vor Theorie | 4,7 |
| Experiment nach Theorie | 3,4 |

Tab. 2: Durchschnittliche Zeit in Minuten für Aspekte des Experimentierens (35 Lehrkräfte; Gymnasium, zweite Phase der Videostudie)²⁾

²⁾ Die Daten zum Experiment der zweiten Phase werden zur Zeit ausgewertet. In Tab. 2 handelt es sich um die Daten für eine Teilstichprobe zum Thema „Linsen und optische Geräte“ (Auswertung: Maike Tesch).

Die in Tab. 2 wiedergegeben vorläufigen Daten aus der zweiten Phase der Videostudie stimmen weitgehend mit den Ergebnissen der ersten Phase überein (siehe dazu Tesch & Duit, 2004).

Fasst man die vorliegenden Ergebnisse aus den beiden Phasen zusammen, so zeigt sich, dass im Mittel rund 70% der Unterrichtszeit vom Experiment bestimmt sind; Eigens für das Experimentieren in der Schule entwickelte Geräte dominieren über Alltagsgeräte. Simulationen mit dem Computer spielen so gut wie keine Rolle. Experimente werden häufiger eingesetzt, um ein Phänomen zu zeigen als eine erarbeitete „Theorie“ zu überprüfen. Das Testen von Hypothesen gibt es in kaum nennenswertem Umfang.

Zusammenfassung: Wie sieht der Unterricht aus?

In Tab. 1 und Tab. 2 werden wichtige Ergebnisse zu „Oberflächenmerkmalen“ des aufgezeichneten Unterrichts vorgestellt. Nimmt man die Ergebnisse vertiefender Analysen (z.B. zur Lernunterstützung während des Klassengesprächs) hinzu, so ergeben sich die folgenden Kennzeichen des Unterrichts:

- Der Unterricht ist in der Regel lehrerorientiert, nur rund 17% der Unterrichtszeit entfallen auf Schülerarbeitsphasen. Es gibt große Unterschiede zwischen den Lehrkräften. Der Anteil des Klassengesprächs variiert von 19% bis 100% (s.o.).
- Beim Klassengespräch dominiert ein eher eng geführtes Gespräch im Stile des fragend-entwickelnden Verfahrens. In der Regel handelt es sich um ein Wechselspiel zwischen der Lehrkraft und einzelnen Schülern. Eher selten werden Schüler von der Lehrkraft aufgefordert, auf die Antwort oder Frage eines Schülers zu reagieren. An einigen Stellen zeigt es sich, dass das offenbar zur Routine eines jeden Lehrers gehörende fragend-entwickelnde Verfahren uneffizient ist, wenn z.B. mit den Schülerinnen und Schülern versucht wird, die physikalische Sicht gemeinsam zu entwickeln. An anderen Stellen ergibt sich der Eindruck, dass versucht wird, aus den Schülerinnen und Schülern herauszufragen, was die noch nicht wissen können.
- Experimente haben eine große Bedeutung. Im Mittel sind rund 70% des Unterrichts vom Experiment bestimmt – das schließt die Vorbereitung (13%), die Durchführung (19%) und die Nachbereitung (38%) ein (Tab. 2). Das Schülerexperiment nimmt etwas mehr (11%) der Unterrichtszeit ein als das Demonstrationsexperiment (7%). Es gibt auch hier große Unterschiede zwischen den Lehrkräften. Einige Lehrkräfte lassen überhaupt keine Schülerexperimente durchführen, andere setzen sie immer ein, wenn es möglich ist. Insgesamt gesehen haben die Schülerinnen und Schüler in der Regel nur wenige Gelegenheiten für eigenständiges Planen, Durchführen und Auswerten der Experimente.

- Der Unterricht bietet insgesamt betrachtet eher wenig Gelegenheiten für die aktive und eigenständige Auseinandersetzung mit dem „Stoff“.
- Systematische Unterstützung des Lernens kommt häufig zu kurz.
- Aus fachlicher Sicht dominiert der Unterricht über die „klassischen“ Inhalte (wie Stromkreis oder Kraftbegriff). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (Duit, Gropengießer & Stäudel, 2005) werden nur sehr selten ausdrücklich angesprochen. Das gilt auch für den Unterricht im 9. Schuljahr, der in der zweiten Phase der Videostudie untersucht worden ist.

Betont sei, dass erstens die fachliche Qualität des Unterrichts in der Regel sehr gut ist. Zweitens ist jeder Unterricht individuell. Jede Lehrkraft hat ihre eigene „Handschrift“, die nicht schlicht kopiert werden könnte. Und: **Jeder** Unterricht hat Stärken und Highlights – aber auch Schwächen.

Wie denken die Lehrkräfte über „guten“ Unterricht?

- Hier werden die Ergebnisse der Interviews mit den Lehrkräften zusammengefasst (s. genauer Müller, 2004). Damit diese Ergebnisse nicht als Sammlung von „Defiziten“ missverstanden werden, sei folgendes vorausgeschickt: Die Interviews haben gezeigt, dass die Lehrkräfte sehr differenziert und wohl überlegt über ihre Sicht des Unterrichts sprechen. Die Gespräche waren für den Interviewer (Reinders Duit) nicht nur anregend, sondern gaben auch viele Anlässe, die eigene Position zu gutem Physikunterricht zu überdenken.
- Das Denken der Lehrkräfte über „guten“ Unterricht ist „stofforientiert“. Der physikalische Inhalt steht im Mittelpunkt der Überlegungen. Unter Inhalt sind die physikalischen Begriffe und Prinzipien zu verstehen (s.o.). Mit der Bedeutung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie von Sichtweisen über die Physik als Wissenschaft sind viele Lehrkräfte nicht gut vertraut.
- Die meisten Lehrkräfte verfügen nicht über eine explizite Vorstellung, wie Lernen „funktioniert“ und welche Rolle sie beim Lernen einnehmen müssen. Sie verstehen es, das Fachliche gut zu modellieren, das Lernen der Schülerinnen aber nicht im gleichen Maße.
- Wichtige Forschungsergebnisse zum Lernen naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien (wie zum Beispiel zur Rolle der Schülervorstellungen) sind nicht gut bekannt.

Erfolgreicher Unterricht: Fördert Entwicklung von Leistung und Interesse

Wie sich aus Abb. 1 ergibt, haben Schülerinnen und Schülern am Beginn und am Ende des Schuljahrs, in dem der Unterricht aufgezeichnet worden ist, einen Fragebogen ausgefüllt, der es erlaubt, die Entwicklung von Leistung (hinsichtlich der Themen, die aufgezeichnet worden sind) und von affektiven Variablen (wie das Interesse) zu berechnen. Damit können Zusammenhänge zwischen der Entwicklung von Leistung und Interesse auf der einen und bestimmten Kennzeichen des Unterrichts auf der anderen Seite gefunden werden. Dabei ergibt sich das folgende Bild:

- Das Interesse geht im Verlaufe des Schuljahres, in dem der Unterricht aufgezeichnet wurde, generell zurück – aber unterschiedlich stark. Dominiert im Unterricht ein eng-geführtes Klassengespräch im oben beschriebenen Sinne ist dies mit besonders starker Abnahme des Interesses verbunden.
- Die Entwicklung der fachlichen Leistung im Verlaufe des Schuljahres (also der Lernzuwachs gemessen an den Testaufgaben zu den aufgezeichneten Themen) variiert in den Klassen sehr stark – von gutem Zuwachs bis zu überhaupt keinem Zuwachs.
- Die Zusammenhänge zwischen bestimmten Kennzeichen bzw. Mustern des Unterrichts und der Entwicklung der fachlichen Leistung sind komplex. Es gibt den Erfolg einer bestimmten Methode bzw. eines bestimmten Unterrichtsmusters offenbar nicht. Ein Zusammenhang zwischen Ausmaß der Schülerarbeitsphasen und besserer Entwicklung der Leistung zeigt sich nicht. Schülerexperimente führen also nicht notwendig zu besseren Leistungen und lehrerzentrierter Unterricht ist nicht notwendig weniger erfolgreich als schülerorientierter Unterricht.
- Es gibt allerdings Hinweise darauf, dass bestimmte Kennzeichen des Unterrichts eher zu besseren Leistungen führen. Dazu zählen:
 - Vernetztheit des dargebotenen Wissens.
 - Anknüpfen an Schülervorstellungen bzw. am Vorwissen.
 - Einbetten in Alltagskontexte.
 - Schlüssigkeit des Unterrichts.
 - Systematische Unterstützung des Lernens durch die Lehrkräfte.

Merkmale eines „guten“ Physikunterrichts

Die vorstehend vorgestellten Ergebnisse sollen in wenigen „griffigen“ Aussagen zusammengefasst werden. Dabei wird auch auf Ergebnisse anderer Studien zur Qualität von Unterricht (Meyer, 2004) und auf Zusammenfassungen des Forschungsstandes zum Lernen von Physik (Duit, 2004) zurückgegriffen:

Guter Unterricht....

- thematisiert die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler und bezieht das Vorwissen und die Alltagserfahrungen systematisch ein.
- fordert das Denken heraus.
- unterstützt das Lernen systematisch.
- bemüht sich um Methodenvielfalt – ohne dass dies zum Selbstzweck wird.
- bemüht sich um Klassengespräche, in denen die Schülerinnen und Schüler eine „Stimme“ haben, d.h. bemüht sich, ein eng von der Lehrkraft geführtes fragend-entwickelndes Verfahren zu vermeiden.
- schafft vielfältige Vernetzungen. Dies schließt die Vernetzung mit bereits bekanntem Wissen, die Vorauschau auf das neu zu erwerbende Wissen, überfachliche Verbindungen und Einbettungen in Anwendungskontexte (u.a. den Alltag ein).
- bemüht sich um eine sinnvolle Einbettung und ausführliche Diskussion der Ergebnisse von Experimenten.
- ist fachlich konsistent und schlüssig.

Wichtig ist aber Folgendes: Viele unterschiedliche Unterrichtsmethoden und Unterrichtsmedien, viele Phasen, in denen die Schüler eigenständig arbeiten können (wie bei Schülerexperimenten) machen allein noch keinen guten Unterricht aus. Es kommt auf die Abstimmung der genannten Kennzeichen „guten“ Unterrichts an.

Literatur

- Duit, R. (2004). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. Piko-Brief Nr. 1. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (<http://www.uni-kiel.de/piko/material.html>).
- Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L., Hrsg. (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten – Unterricht und Material 5 – 10. Velber: Friedrich Verlag.
- Duit, R. & Tesch, M., Hrsg. (2005). Thema und Variation – Elektrischer Stromkreis. Unterricht Physik, 15, Heft 89, Oktober 2005. Velber: Friedrich Verlag.
- Meyer, H. (2004). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen/Volk und Wissen.
- Müller, C. T. (2004). Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht. Studien zum Physikunterricht, Bd. 33. Berlin:Logos.
- Müller, C.T. & Duit, R. (2004). Die unterrichtliche Sachstruktur als Indikator für Lernerfolg-Analyse von Sachstrukturdiagrammen und ihr Bezug zu Leistungsergebnissen im Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 147-161.
- Prenzel, M. & Duit, R. (1999). Ansatzpunkte für einen besseren Unterricht. Der BLK-Modellversuch „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Unterricht Physik, 10, Heft 54, 32-36.
- Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M. & Seidel, T., Hrsg. (2001). Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie“. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmel, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C.T. & Widodo, A. (2002). Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie. Zeitschrift für Pädagogik, Heft 48 [45. Beiheft], 139-156.
- Rimmel, R. (2004). Videograph. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/video/video-stu.htm>).
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2004). Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel, Hrsg., Bildungsqualität von Schule. Münster/München/Berlin: Waxmann, 177-194.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M., Hrsg. (2003). Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Lehrke, M., Müller, C., & Rimmel, R. (2002). „Jetzt alle bitte nach vorne schauen!“ Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. Unterrichtswissenschaft, Heft 30, 52-77.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 51-59.
- Widodo, R. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 233-255.