Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht

Sibylle Reinfried, Christian Mathis und Ulrich Kattmann

Zusammenfassung Im vorliegenden Beitrag wird das Modell der Didaktischen Rekonstruktion beschrieben. Das Modell ist ein theoretischer und methodischer Rahmen sowohl für die Unterrichtsplanung als auch für die fachdidaktische Lehr-Lernforschung. Es besteht aus den drei Teilen *Fachliche Klärung*, *Erfassung der Schülerperspektiven* und *Didaktische Strukturierung*, deren fachdidaktische Erforschung und Bedeutung für die Konstruktion von Unterricht anhand je eines Beispiels aus der Biologie-, Geschichts- und Geografiedidaktik näher beschrieben werden. Auch wird die Bedeutung des Modells für die Lehrerbildung diskutiert.

A model of didactic reconstruction – an innovative approach to research and development of didactic teaching

Abstract In this paper the model of didactic reconstruction is described. The model is a theoretical and methodological framework for both curriculum planning and for didactic teaching-learning research. It consists of three parts: *technical clarification*, *recording student perspectives* and *didactic structuring*. The methodological research and implications for the design of teaching are clearly described based on an example from biology, history and geography didactics. The importance of the model is discussed for teacher training.

1 Einleitung

Schülerinnen und Schüler kommen mit Vorstellungen in den Unterricht, die oft stark von den wissenschaftlichen Vorstellungen abweichen. Fragt man Lernende z.B., was die Ursachen der globalen Erwärmung sind, so erhält man oft die Antwort: «Der Grund ist ein Loch in der Atmosphäre». Solche vorunterrichtlichen Vorstellungen sind zäh und widerständig und lassen sich durch Unterricht, der ohne die Kenntnis von Schülervorstellungen entwickelt wurde, kaum verändern. Unterricht, der die Schülervorstellungen konsequent berücksichtigt, ist erfolgreicher (Wiesner, 1995; Häussler, Bünder, Duit, Gräber & Mayer, 1998; Reinfried, Rottermann, Aeschbacher & Huber, im Druck).

2 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Die bisherige Praxis der Didaktiken ist weitgehend an der Legitimation, Auswahl und Methodisierung von vorgefundenen, für gültig befundenen Sachstrukturen orientiert.

Als Orientierungsschema für den didaktischen und methodischen Handlungsrahmen dient oftmals das Didaktische Dreieck, das die Beziehungen zwischen den Lernenden, der Lehrperson und dem Sachgegenstand beschreibt (Reusser, 2005, 2009). Im Zentrum der Betrachtung steht jeweils eine Seite des Dreiecks mit den Wechselwirkungen der Komponenten an ihren beiden Eckpunkten. Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion werden dagegen Schülervorstellungen und fachlich geklärte Vorstellungen systematisch aufeinander bezogen, um Unterricht zu planen. Dieser Ansatz kann sowohl für die fachdidaktische Forschung wie auch für die Konstruktion von konkreten Lernumgebungen genutzt werden (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997; Duit, Gropengießer & Kattmann, 2005; van Dijk & Kattmann, 2007).

Die *Didaktische Rekonstruktion* (Kattmann et al., 1997) ist ein bereits erprobtes neues Paradigma für fachdidaktische Forschung und Unterrichtsentwicklung, in dem das Didaktische Dreieck mitgedacht, aber ein anderer Blickwinkel, nämlich der des Lernens und Lehrens, eingenommen wird. Epistemologisch basiert sie auf einer konstruktivistischen Position. Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion, im Folgenden MDR genannt, sind entsprechend die Anschauungen und inneren Tätigkeiten der Lernenden im jeweiligen Sachbereich zentral. Es wird keine gültige «Sachstruktur» postuliert. Lernen wird nicht als Ersetzen der vorunterrichtlichen Vorstellungen durch wissenschaftliche Vorstellungen verstanden, sondern als *Conceptual Reconstruction* im Sinne von Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der vorunterrichtlichen Vorstellungen, bei deren Veränderung die Lernenden eine aktive Rolle spielen (Kattmann, 2005). Im Sinne einer Angleichung an das eigentlich Gemeinte sollte dieser Terminus den älteren Terminus des *Conceptual Change* (vgl. Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Strike & Posner, 1992) ersetzen. Im MDR werden lebensweltliche, vorunterrichtliche Vorstellungen in erster Linie nicht als Hindernisse für das fachliche Lernen, sondern als Lernvoraussetzungen und potenzielle Lernhilfen aufgefasst (Baalmann, Frerichs & Kattmann, 2005). Sie werden, wie die wissenschaftlichen Vorstellungen, als persönliche Konstrukte der jeweiligen Personen angesehen, die im Kontext der persönlichen Überzeugungen für die jeweilige Person dieselbe Kohärenz und Stimmigkeit besitzen, wie die wissenschaftlichen Konzepte innerhalb des jeweiligen Faches (Kattmann, 2005). Die fachlichen Konzepte und Schülervorstellungen werden daher im MDR als gleichwertig behandelt. Diese Gleichbehandlung bezieht sich auf die Konstruktion bedeutsamer Lernumgebungen und die damit zusammenhängende *Didaktische Strukturierung*. Dabei ist es das Ziel, die wissenschaftlich geklärten Vorstellungen lern- und lehrbar zu machen. Durch Schülervorstellungen werden wissenschaftliche Vorstellungen also nicht in ihrer Bedeutung eingeschränkt, sondern auf eine für das Lernen bedeutsame Basis gestellt. Um die Vorstellungen der Lernenden für das fachliche Lernen und die Konstruktion von Unterricht zu nutzen, bedarf es daher des systematischen In-Beziehung-Setzens von lebensweltlichen Vorstellungen und fachlich geklärten Vorstellungen (vgl. Abb. 1).

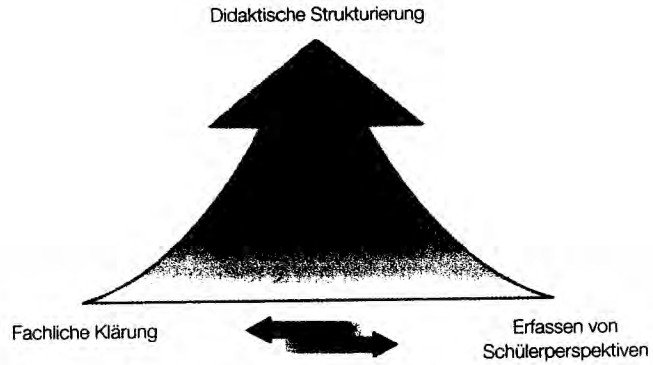

Abbildung 1: Das Beziehungsgefüge der drei Teilaufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997)

Plant eine Lehrperson Unterricht zu einem bestimmten Thema, ohne die Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zur in Rede stehenden Sache zu kennen, so läuft sie Gefahr, dass die intendierten Lernprozesse weit hinter den Erwartungen zurückbleiben, auch wenn sie sinnvolle Lernziele formuliert, geeignete Methoden und Medien und motivationale Aspekte berücksichtigt hat. Wenn die von der Lehrperson vorgegebene Sachstruktur die Funktionen und Beschränkungen der *Schülerperspektiven* nicht mit berücksichtigt, wenn der Lernweg von den vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien nicht effektiv zu beschreiten ist, kann keine Vorstellungsänderung erfolgen (Brown & Clement, 1992; Reinfried et al., im Druck).

Das MDR orientiert sich an der klassischen deutschen Didaktik-Tradition und ist in eine konstruktivistische epistemologische Sicht eingebettet (Duit, 2004). Die pädagogischen und fachdidaktischen Wurzeln des MDR gehen u.a. auf Klafkis Ansatz der Didaktischen Analyse zurück. Wie bei Klafki wird von einem gewissen Primat der Ziele ausgegangen. Der fachliche Inhalt wird bei der Sachanalyse aus der didaktischen Perspektive auf seine *elementaren Ideen* (die tragenden Grundbegriffe) analysiert. Die Planung der Sachstruktur für den Unterricht kann jedoch keineswegs allein durch Vereinfachung gekennzeichnet werden, was häufig bei der *Didaktischen Reduktion* im Vordergrund steht. Vielmehr gilt es auch Bezüge zur «Lebenswelt», die im Abstraktionsprozess der Wissenschaft beseitigt worden sind, wiederherzustellen. Dabei sind die Ziele, also die didaktischen Absichten, und die *Schülerperspektiven* zum jeweiligen Thema explizit zu berücksichtigen. Die entscheidende Leistung des MDR besteht darin, systematisch Schülervorstellungen und fachlich geklärte Vorstellungen aufeinander zu beziehen und für die fachdidaktische Forschung und die Konstruktion von konkreten Lernumgebungen zu nutzen (Kattmann et al., 1997; Duit et al., 2005; Van Dijk & Kattmann, 2007). Das Vorgehen mit den drei Aufgaben ist dabei rekursiv, das heisst

im Prozess werden die drei Aufgaben aufeinander rückbezogen. So ergibt sich oft bei der *Didaktischen Strukturierung*, dass weitere Aspekte von *Schülerperspektiven* in den Blick rücken oder noch erhoben werden müssen oder die *Fachliche Klärung* ergänzt werden muss usw.

Die für die *Didaktische Rekonstruktion* zu leistenden Forschungs- und Entwicklungsaufgaben betreffen

1) die empirische Erforschung der Anschauungen und inneren Vorstellungen von Lernenden zum jeweiligen Sachverhalt sowie ihrer Lernwege zum Beispiel mittels problemzentrierter Interviews (in diesem Beitrag exemplifiziert durch eine *Erhebung von Schülervorstellungen* zur Französischen Revolution unter 3.1).
2) die Konfrontation von Schülervorstellungen mit den historischen und aktuellen Erkenntnisprozessen der jeweiligen Fachwissenschaften, die mit hermeneutischen Methoden analysiert werden (in diesem Beitrag exemplifiziert durch *Fachliche Klärungen* zur Genetik unter 3.2).
3) die Erstellung einer Lernstruktur mit den entsprechenden Konsequenzen für den Unterricht, bei der die Beziehungen zwischen der erarbeiteten jeweiligen Sachstruktur und den erhobenen Lernerperspektiven leitend sind (in diesem Beitrag exemplifiziert durch *didaktisch rekonstruierten Unterricht* zum Treibhauseffekt unter 3.3).

Ein didaktisch rekonstruierter Unterrichtsinhalt unterscheidet sich folglich deutlich von dem entsprechenden wissenschaftlichen Inhalt, weil versucht wird, die Vermittlung von Wissensbeständen und die damit verbundenen pädagogischen Aspekte in ein Gleichgewicht zu bringen. Methoden und Aussagen der Fachwissenschaften werden deshalb nicht einfach als Norm in den schulischen Fachunterricht übernommen. Es sind vielmehr häufig solche fachlichen und fachübergreifenden Bezüge sowie umweltliche, soziale und individuelle Zusammenhänge zu berücksichtigen, welche die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in ihren Fachdiskussionen zwar voraussetzen können, die Nichtspezialistinnen und Nichtspezialisten jedoch nicht bekannt sind. Die in pädagogischer Zielsetzung hergestellten Kontexte des Lernens werden durch die *Didaktische Rekonstruktion* nicht einfacher, sondern vielfältiger und reicher. Die dadurch erhöhte Komplexität ist notwendig, um den zu lernenden Sachgegenstand, z.B. die Genetik, die globale Erwärmung oder die Begriffe Kontinuität und Wandel in der Geschichte, in ihren Bezügen fachlich angemessen zu verstehen und nicht neue irreleitende Vorstellungen zu fördern.

3 Ausgewählte Beispiele: Die Anwendung des Modells der Didaktischen Rekonstruktion bei der Erforschung und Durchführung von Unterricht

3.1 Schülervorstellungen zur «Französischen Revolution»

Die Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler beim historischen Lernen wurzeln nicht nur in der Struktur des historischen Gegenstands, sondern vor allem in den alltagsweltlichen Vorstellungen der Lernenden (Günther-Arndt, 2003, 2006). Die Erhebung der *Schülerperspektiven* – hier exemplarisch zur Französischen Revolution (zu Forschungsdesign und -methoden s. Mathis, 2007) – orientierte sich an folgenden Leitfragen:

- Welche Vorstellungen haben Lernende von der Französischen Revolution? Über welche Begriffe, Konzepte und Erklärungsmuster verfügen sie?
- Welche Metaphern und Analogien kommen bei der Erklärung der Französischen Revolution zur Anwendung und welche Hauptmerkmale und Strukturen des historischen Phänomens werden damit angesprochen?

Als typische Erklärungsmuster der Lernenden konnten unter anderen identifiziert werden (Mathis, im Druck): materielle Interessen als Hauptgrund für Veränderungen; sozialer Fortschrittsoptimismus; «Freiheit, Gleichheit, Menschenrechte» als Massstab für historisches Urteil und «die Revolution ist noch nicht zu Ende» als Enthistorisierung der Französischen Revolution. Auf sprachlicher Ebene zeigte sich, dass die Lernenden Bilder verwenden, in denen etwas seinen angestammten Platz auf unkontrollierte Weise verlässt. Sie sprechen etwa vom Fass, das zum Überlaufen gebracht wird, oder von einem Dampfkessel, der explodiert. Damit beschreiben sie die Revolution als einen unkontrollierten und unkontrollierbaren Prozess, der quasi mechanisch, notwendig oder unweigerlich verläuft und zudem irreversibel ist. Dabei werden vor allem die historischen Brüche betont. Kontinuitäten werden kaum erkannt. Das steht in gewissem Widerspruch zu den historischen Akteuren, die in den Vorstellungen der Lernenden fast ausschliesslich absichtsvoll und zielgerichtet handeln. Gleiches kann für Strukturen, Institutionen oder abstrakte Konstrukte, wie beispielsweise die Nation, festgestellt werden, die von den Jugendlichen beseelt, personalisiert oder mentalisiert werden (vgl. Halldén, 1999). Für die *Fachliche Klärung* bedeutet dies, nach geschichtswissenschaftlichen Vorstellungen zu suchen bzw. solche aufzuarbeiten, die entweder möglichst nahe an den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler sind, diesen diametral entgegenlaufen oder alternative Erklärungsmuster bereithalten. Als Konsequenz für die *Didaktische Strukturierung* ergibt sich allgemein: *Conceptual Reconstruction* geschieht selten allein aufgrund rationaler Einsicht. Affektive Aspekte wie Bedürfnisse, Interesse und Einstellungen spielen dabei eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die Schülerinnen und Schüler sollten deshalb zur Reflexion darüber befähigt werden, inwieweit ihre Metaphern und Analogien dem Begriff der Französischen Revolution gerecht werden und inwieweit ein adäquates, wissenschaftliches Verständnis ihnen neue Einsichten vermittelt.

3.2 Fachliche Klärung von Begriffen der Genetik

Die Rolle der *Fachlichen Klärung* besteht innerhalb des MDR vor allem darin, die in vielen fachdidaktischen Untersuchungen implizit vorausgesetzten fachlichen Annahmen explizit zu machen und in Vermittlungsabsicht kritisch zu klären. Aussagen der Wissenschaftlerinnen/Wissenschaftler und der Wissenschaft werden in ihrer Geltung und ihrer Bedeutung für das Lernen und Lehren systematisch analysiert und reflektiert. Dabei sind vor allem folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Genese, Funktion und Bedeutung haben die fachlichen Begriffe und in welchem Kontext stehen sie?
- Welche Termini legen durch ihren Wortsinn lernhinderliche und bzw. -förderliche Vorstellungen nahe?
- Welche Korrespondenzen zwischen den fachlichen Vorstellungen und den Vorstellungen der Lernenden können besonders für ein fruchtbares Lernen genutzt werden bzw. welche stehen dem entgegen?

Begriffe zur Genetik wurden im Rahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion von Frerichs (1999) und Schwanewedel (im Druck) in Interviewstudien mit Lernenden der Sekundarstufe I und II (Haupt- und Realschule und Gymnasium) sowie durch qualitative Inhaltsanalyse (nach Mayring, 1999) von ausgewählten Quellentexten untersucht.

Die Begriffe der Genetik sind sowohl in der Fachwissenschaft wie in alltäglichen Zusammenhängen vieldeutig. In beiden Bereichen werden Gene als materielle Einheiten behandelt und mit Eigenschaften von Lebewesen oder Personen versehen (z. B. «egoistisches Gen»). Die Sprache in beiden Bereichen vermengt Merkmale und Gene. Die Metapher der Information wird als reale Grösse verstanden bzw. im alltäglichen Sinn missdeutet. Gene werden mit Defekten, Krankheiten und der Festlegung von Eigenschaften verbunden. Allgemein wird die «Macht der Gene» herausgestellt, was ausgeprägte Hoffnungen und Ängste von Jugendlichen mitbewirken kann (vgl. Gebhard, 1999).

Als Konsequenzen für die *Didaktische Strukturierung* ergeben sich allgemein:

- Die Vieldeutigkeit der Fachsprache und ihr Verhältnis zur Umgangssprache sind für Lernen und Lehren zu beachten, sodass die Konnotationen der Umgangssprache und die fachsprachliche Beschränkung reflektiert werden (bei Genetik die Unterscheidung der Sprache der Vererbung von der Sprache der Genetik [Kattmann, Frerichs & Gluhodedow, 2005]).
- Metaphern sind in ihrer ursprünglichen Bedeutung zu erhellen (bei der Genetik die Metapher der Information).
- Die Reifizierung von wissenschaftlichen Konstrukten ist bewusst zu machen und in Metareflexion für das fachliche Lernen zu nutzen. In der Genetik betrifft dies die Vergegenständlichung der Gene. Hier ist die Unterscheidung von reifizierendem

Wissen und reflektiertem Wissen fruchtbar (Jelemenská, 2006): Reifizierende Aussagen werden mit Bezug auf Methoden, Entstehungs- und Verwertungszusammenhänge analysiert und damit in reflektiertes Wissen um die Grenzen und Tragweite der Aussagen überführt.

3.3 Didaktisch rekonstruierte Lernumgebung zum Thema Treibhauseffekt

Bei der *Didaktischen Strukturierung* geht es darum, die wissenschaftlichen Vorstellungen zu den erfassten Lernervorstellungen in Beziehung zu setzen und so unterrichtliche Vermittlungssituationen zu strukturieren. Ziel- und Aktionsmodelle für Lehrende und Lernende werden erarbeitet. Dies setzt neben Analysen und Erhebungen auch Entscheidungen über folgende Zielfragen voraus (Kattmann et al., 1997):

- Welches sind die wichtigsten Elemente der Alltagsvorstellungen von Lernenden, die im Unterricht berücksichtigt werden müssen?
- Welche unterrichtlichen Möglichkeiten eröffnen sich, wenn die Schülervorstellungen beachtet werden?
- Welche der Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern korrespondieren mit wissenschaftlichen Konzepten dergestalt, dass sie für ein angemesseneres Lernen genutzt werden können?
- Welche Schritte sind geeignet, um von reifizierendem zu reflektiertem Wissen im Lernprozess zu gelangen?

Das MDR wurde für die Entwicklung einer Lernumgebung zum Thema Treibhauseffekt und globale Erwärmung herangezogen, mit dem Ziel, eine Veränderung der sehr belehrungsresistenten Alltagsvorstellungen zu diesem Thema zu bewirken. Hierfür wurden die empirisch erforschten Schülervorstellungen zusammengetragen und die elementaren Grundideen des Treibhauseffekt-Phänomens herausgearbeitet (vgl. Reinfried, Schuler, Aeschbacher & Huber, 2008). Letztere wurden auf sprachliche Aspekte, Metaphern und Analogien unter der Fragestellung analysiert, inwiefern sie die Vermittlungsabsicht des Treibhauseffekt-Phänomens fördern bzw. erschweren. Die Schülervorstellungen und die zentralen wissenschaftlichen Denkfiguren und Konzepte wurden anschliessend in einem rekursiven Vorgang auf der Basis von instruktionspsychologischen Vermittlungsgrundsätzen miteinander verbunden. Die Schritte folgten nicht streng aufeinander, sondern beeinflussten sich wechselseitig in einem rekursiven Prozess.

Die Vorstellungsforschung zum Treibhauseffekt (Aeschbacher, 1992; Boyes & Stanisstreet, 1993; Aeschbacher, Carlò & Wehrli, 2001; Schuler, 2005) ergab folgende, durch reifiziertes Wissen geprägte Konstrukte: *das Ozonlochmodell* (ein Loch in der Atmosphäre ist die Ursache des Treibhauseffektes) und *das Glashausmodell* (Abgase bilden eine Schicht in der oberen Atmosphäre; Sonnenstrahlung kann zwar in die Atmosphäre hinein, aber wegen der Abgasschicht nicht wieder hinaus). In der didaktischen Strukturierung wurde ein expliziter Bezug zu denjenigen Vorbegriffen der Lernenden hergestellt, die bereits wesentliche Züge der aufzubauenden Begriffe enthalten. Die Denkfigur des Ozonlochs und die Metapher des Treibhauses im Begriff «Treibhauseffekt» wurden bewusst gemacht. Der Prozess des Wärmeabsorptionsvermögens von CO_2 wurde mit einem Modellexperiment (Aeschbacher & Huber, 1996), das auf die Induktion eines kognitiven Konfliktes zielt, sichtbar gemacht. Die Wirksamkeit dieser didaktisch rekonstruierten Lernumgebung wurde in einer Interventionsstudie mit Pretest/Posttest/Follow-up-Test-Design empirisch getestet. Im Zentrum stand der Nachweis der Veränderungen der Alltagsvorstellungen zu wissenschaftlich korrekteren Vorstellungen. Die Auswertung der Daten ergab einen zeitlich stabilen signifikanten Wissenszuwachs und ein besseres Verständnis des Treibhauseffekt-Prinzips in der Experimentalgruppe, verbunden mit einem entsprechenden Rückgang der vorwissenschaftlichen Vorstellungen (Reinfried et al., im Druck). Mittels der didaktisch rekonstruierten Lernumgebung konnte erstmals eine relativ beständige Vorstellungsänderung der Alltagsvorstellungen über den Treibhauseffekt nachgewiesen werden.

4 Der Beitrag des Modells der Didaktischen Rekonstruktion für die Lehrerbildung

Vergleichende Videostudien in Physik (IPN Kiel) und Mathematik (TIMSS Video) in Deutschland und der Schweiz konnten zeigen, dass das fachdidaktische Denken der beteiligten Lehrkräfte über ihren Unterricht noch überwiegend «inhaltlich» bestimmt ist (Labudde, Gerber & Knierim, 2003; Prenzel, Seidel & Lehrke, 2003). Die Lehrpersonen beziehen die Vorstellungen vom Lernen ihrer Schülerinnen und Schüler zu wenig in ihr Denken ein und gehen davon aus, dass Wissen an die Lernenden direkt weitergegeben werden kann. Die Sicht der Lernpsychologie, dass Schülerinnen und Schüler ihr Wissen selber entwickeln müssen, wie auch viele Ergebnisse und Erkenntnisse der fachdidaktischen Forschung sind noch wenig verbreitet. Die bisherige Forschung zeigt, dass fachdidaktisches Denken, das im Sinne des MDR eine Balance zwischen dem Fachlichen und den Lernmöglichkeiten der Schülerinnen und Schüler findet, zur Identifikation von Lernwegen der Schülerinnen und Schüler (Riemeier, 2005) sowie zu besseren Unterrichtsergebnissen führt (Reinfried et al., im Druck). Ansätze zur Professionalisierung von Lehrkräften bemühen sich deshalb darum, Qualifikationen zu vermitteln, die dazu dienen, fachliches Wissen und pädagogisch-psychologisches Wissen so zusammenzubringen, dass daraus ein fachdidaktisch kompetent gestalteter Unterricht wird, der Lernprozesse auf der Ebene der lernpsychologischen Tiefenstruktur auslöst. In diesem Zusammenhang dient das MDR auch zur *Reflexion von Unterricht* (Kattmann, 2004). Die planenden Fragen zur *Didaktischen Strukturierung* (vgl. 3.3) werden dabei vor dem Hintergrund der gemachten Erfahrungen rückwärts (reflexiv) gewendet:

- Waren die Unterrichtsformen angemessen, um bedeutungsvolles Lernen zu fördern?
- Welches waren die wichtigsten Elemente der Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern, die im Unterricht berücksichtigt wurden?

- Welche unterrichtlichen Möglichkeiten haben sich durch das Beachten der Schülervorstellungen ergeben, wie wurden sie genutzt?
- Wie haben die angebotenen wissenschaftlich geklärten Vorstellungen das Lernen gefördert oder behindert?
- Welche Vorstellungen wurden durch das Verwenden bestimmter Termini hervorgerufen, gefördert oder behindert?
- Welche der von Schülerinnen und Schülern geäusserten Alltagsvorstellungen korrespondieren möglicherweise mit wissenschaftlichen Konzepten dergestalt, dass sie für ein bedeutungsvolles Lernen genutzt werden können?
- Hatten die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit, ihre eigenen Vorstellungen und ihren Lernfortschritt wahrzunehmen und zu reflektieren?
- Waren die Arbeitsweisen angemessen und wie haben sie sich auf das fachliche Lernen ausgewirkt?

In gleicher Weise wird auf die *Erhebung von Schülerperspektiven* und die *Fachliche Klärung* rekurriert, z. B.:
- Welche Vorstellungen entwickeln Schülerinnen und Schüler bezogen auf fachlich relevante Phänomene?
- Welche Vorstellungen von Wissenschaft ergeben sich aus den Äusserungen der Schülerinnen und Schüler?
- Wurden den Schülerinnen und Schülern die mit dem Lerngegenstand verbundenen wissenschaftlichen und epistemologischen Positionen erkennbar?
- Kamen Grenzüberschreitungen vor, bei denen bereichsspezifische Erkenntnisse auf andere Gebiete übertragen wurden? Wurden diese den Schülerinnen und Schülern bewusst (gemacht)?

Schliesslich werden die Ergebnisse der Reflexion für Folgerungen genutzt, indem die Analysefragen zur Didaktischen Strukturierung auf nachfolgenden oder auf künftigen Unterricht gewendet werden. In einer ähnlichen Weise kann das Modell in der Lehreraus- und -weiterbildung angewendet werden, wenn auf die *Lehrervorstellungen* zu einem bestimmten Sachverhalt fokussiert wird. Die konsequente Anwendung des MDR und die damit verbundenen Analyse- und Reflexionsschritte führen zu einer Erweiterung des sachbezogenen pädagogischen Wissens (Pedagogical Content Knowledge PCK), das einen Schlüssel zur fachdidaktischen Verbesserung der Lehrerausbildung darstellt (van Dijk, 2009).

Literatur

Aeschbacher, U. (1992). Meinungen, Wissen und Verstehen von Lehrerstudentinnen und -studenten in Sachen «Treibhauseffekt». *Bildungsforschung und Bildungspraxis, 14* (2), 149–161.
Aeschbacher, U., Carlò, C. & Wehrli, R. (2001). «Die Ursache des Treibhauseffektes ist ein Loch in der Atmosphäre»: Naives Denken wider besseres Wissen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie, 33* (4), 230–241.

Aeschbacher, U. & Huber, E. (1996). Der Treibhauseffekt – auch eine pädagogische Herausforderung. Entwicklung eines Demonstrationsexperiments als didaktische Forschung. *Beiträge zur Lehrerbildung, 14* (2), 180–190.
Baalmann, W., Frerichs, V. & Kattmann, U. (2005). Genetik im Kontext von Evolution – oder: Warum die Gorillas schwarz wurden. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht MNU, 58*, 420–427.
Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1993). The «greenhouse effect»: children's perception of causes, consequences, and cures. *International Journal of Science Education, 15* (5), 531–552.
Brown, D. & Clement, J. (1992). Classroom teaching experiments in mechanics. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning – Theoretical issues and empirical studies* (pp. 380–397). Kiel: IPN.
Duit, R. (2004). Fachdidaktiken als Forschungsgebiete und als Berufswissenschaften der Lehrkräfte das Beispiel Didaktik der Naturwissenschaften. *Beiträge zur Lehrerbildung, 22* (1), 20–28.
Duit, R., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In H. E. Fischer (Ed.), *Developing standards in research on science education. The ESERA Summer School 2004* (pp. 1-9). London: Taylor & Francis.
Frerichs, V. (1999). *Schülervorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen zu den Strukturen und Prozessen der Vererbung: ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion.* Diss. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
Gebhard, U. (1999). Alltagsmythen und Metaphern. Phantasien von Jugendlichen zur Gentechnik. In M. Schallies & K. D. Wachlin (Hrsg.), *Biotechnologie und Gentechnik im Bildungswesen* (S. 99–116). Berlin: Spinger.
Günther-Arndt, H. (2003). Historisches Lernen und Wissenserwerb. In H. Günther-Arndt (Hrsg.), *Geschichtsdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 23–47). Berlin: Cornelsen Scriptor.
Günther-Arndt, H. (2006). Conceptual Change-Forschung: Eine Aufgabe für die Geschichtsdidaktik? In H. Günther-Arndt & M. Sauer (Hrsg.), *Geschichtsdidaktik empirisch. Untersuchungen zum historischen Denken und Lernen* (S. 251–277). Berlin: LIT.
Halldén, O. (1999). Conceptual change and contextualization. In W. Schnotz (Hrsg.), *New perspectives on conceptual change* (S. 53–65). Amsterdam: Pergamon.
Häussler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis.* Kiel: IPN.
Jelemenská, P. (2006). *Biologie verstehen: Ökologische Einheiten.* Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion 12. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
Kattmann, U. (2004). Unterrichtsreflexion im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Seminar – Lehrerbildung und Schule, 10* (3), 40–49.
Kattmann, U. (2005). Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? – Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 11*, 165–174.
Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3* (3), 3–18.
Kattmann, U., Frerichs, V. & Gluhodedow, M. (2005). Gene sind charakterlos – Didaktische Rekonstruktion am Beispiel Genetik. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 58* (6), 324–330.
Labudde, P., Gerber, B. & Knierim, B. (2003). *Integrated science in a constructivist oriented approach: Between vision und reality.* Paper presented at the biannual conference of ESERA (European Science Education Research Association). Noordwijkerhout, Niederlande.
Mathis, C. (2007). Die Gruppendiskussion als Erhebungsmethode von Schülervorstellungen zur Französischen Revolution. *Zeitschrift für Geschichtsdidaktik, 6*, 149–165.
Mathis, C. (im Druck). Was hat es gebracht? Schülervorstellungen zu den Errungenschaften der Französischen Revolution. In T. Luks, A. Schlimm, G. Straube & D. Thomaschke (Hrsg.), *Alles neu? Revolutionen in der Moderne.* Berlin: LIT.

Mayring, P. (1999). *Qualitative Inhaltsanalyse.* Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education, 4* (3), 231–240.
Prenzel, M., Seidel, T. & Lehrke, M. (2003). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht - eine Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik, 45. Beiheft,* 129–156.
Reinfried, S., Rottermann, B., Aeschbacher, U. & Huber, E. (im Druck). Wirksamkeit einer lernpsychologisch optimierten Lernumgebung auf die Veränderungen von Schülervorstellungen über den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung eine Pilotstudie. *Geographie und ihre Didaktik, 3.*
Reinfried, S., Schuler, S., Aeschbacher, U. & Huber, E. (2008). Der Treibhauseffekt Folge eines Lochs in der Atmosphäre? Wie Schüler sich ihre Alltagsvorstellungen bewusst machen und sie verändern können. *geographie heute, 265/266,* 24–33.
Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung, 23* (2), 159–182.
Reusser, K. (2009). Unterricht. In S. Andresen, R. Casale, T. Gabriel, R. Horlacher, S. Larcher Klee & J. Oelkers (Hrsg.), *Handwörterbuch Erziehungswissenschaft* (S. 881–896). Weinheim, Basel: Beltz.
Riemeier, T. (2005). *Biologie verstehen: Die Zelltheorie.* Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion 7. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
Schuler, S. (2005). Umweltwissen als subjektive Theorie: Eine Untersuchung von Schülervorstellungen zum globalen Klimawandel. In W. Holl-Giese (Hrsg.), *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung – Ergebnisse empirischer Untersuchungen* (S. 97–112). Hamburg: Kovac.
Schwanewedel, J. (im Druck). *Biologie Verstehen: Gene und Gesundheit.* Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
Strike, K.A. & Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R.A. Duschl & R.J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice* (pp. 147–176). New York: State University of New York.
Van Dijk, E.M. (2009). *Teaching Evolution. A Study of teachers pedagogical content knowledge.* Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion 23. Oldenburg: Didaktisches Zentrum
Van Dijk, E.M. & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education, 23,* 885–897.
Wiesner, H. (1995). Physikunterricht – an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. *Unterrichtswissenschaft, 23,* 127–145.

Autorin und Autoren

Sibylle Reinfried, Prof. Dr., Pädagogische Hochschule Zentralschweiz Luzern, Institut für Lehren und Lernen, Museggstrasse 22, 6004 Luzern, sibylle.reinfried@phz.ch
Christian Mathis, lic. phil., Pädagogische Hochschule Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut für Vorschul- und Unterstufe, Kasernenstrasse 31, 4410 Liestal, christian.mathis@uni-oldenburg.de
Ulrich Kattmann, Prof. em. Dr., Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, privat: Mittellinie 7, D-26160 Bad Zwischenahn, ulrich.kattmann@uni-oldenburg.de

Die forschungsgeleitete Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für die frühe naturwissenschaftliche Bildung

Kornelia Möller, Thilo Kleickmann und Steffen Tröbst

Zusammenfassung Am Beispiel einer Lernumgebung zum Thema des Schwimmens und Sinkens von Festkörpern für die frühe naturwissenschaftliche Bildung wird im vorliegenden Beitrag das Potenzial einer forschungsgeleiteten Konstruktion von Unterrichtsmaterialien bezüglich einer nachhaltigen Unterrichtsentwicklung herausgearbeitet. Schrittweise, inspiriert durch unterschiedliche Forschungsarbeiten, wurden sowohl Experimentiermaterialien für Lernende als auch zugehörige Handreichungen für Lehrpersonen als komplementäre Teile dieser Lernumgebung erstellt. Empirische Befunde belegen die grundsätzliche Wirksamkeit der Unterrichtsmaterialien, weisen auf die Bedeutung begleitender Fortbildungen hin und zeigen die den Materialien quasi inhärente Eigenschaft zur Verbreitung in die Unterrichtspraxis.

The research-guided development of materials for early science education

Abstact This contribution draws on the example of a learning environment based on the topic of the swimming and sinking of solids for early science education, to indicate the potential of the research-guided design of educational materials with regard to sustainable teaching development. In a gradual process, inspired by various forms of research, both experimental materials for students as well as related handouts for teachers, complementary to the learning environment, were created.. Empirical findings confirm the fundamental effectiveness of the teaching materials, pointing to the importance of Continual Professional Development (CPD) whilst indicating the quasi-inherent property of teaching materials for distribution in teaching practice.

1 Der Bedarf an ausgereiften Unterrichtsmaterialien

Sowohl aus lerntheoretischen Erwägungen heraus als auch aufgrund der Betrachtung der gegenwärtigen Unterrichtspraxis lässt sich für das naturwissenschaftliche Lernen ein Bedarf an ausgereiften Unterrichtsmaterialien ableiten. Auf theoretischer Ebene postulieren Ansätze, welche im weiteren Sinne als konstruktivistisch (z.B. Duit & Treagust, 1998; Gerstenmaier & Mandl, 1995; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001) oder im Falle der Fachdidaktik des Sachunterrichts als konstruktiv-genetisch (Köhnlein, 1999; Thiel, 1990) gekennzeichnet werden können, dass Lernende Wissen nur durch eigenständige kognitive Aktivität gewinnen können, woraus sich die Notwendigkeit einer gewissen Selbsttätigkeit der Lernenden bei der Konstruktion von Wissen ableiten lässt. Diese Forderung nach eigenständiger Aktivität kann im naturwissenschaftlichen Unterricht gerade im handlungsintensiven Umgang mit Experimentiermaterialien, bei gleichzeitiger kognitiver Aktivierung der Lernenden durch die Lehrperson, erfüllt