

ULRICH KATTMANN, REINDERS DUIT, HARALD GROPPENGIEBER UND MICHAEL KOMOREK

## Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung

### Zusammenfassung:

Fachliche Klärung ist ein wichtiger Teil fachdidaktischer Arbeit, wenn es gilt, Unterricht über einen bestimmten Inhalt (wie Evolution, Photosynthese oder Energie) zu entwickeln. Nicht selten aber ist dieser Klärungsprozeß vorwiegend oder gar vollständig von fachlichen Aspekten bestimmt. Weitere zentrale Bestimmungsstücke des Unterrichts wie seine Ziele oder die Perspektiven der Lernenden (u.a. ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen zum in Rede stehenden Inhalt und ihre Einstellungen und Interessen) werden bestenfalls in Betracht gezogen, wenn die fachliche Klärung abgeschlossen ist. Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion, das wir hier zur Diskussion stellen, werden alle zentralen Bestimmungsstücke des Unterrichts in eine Balance gebracht. Hermeneutisch-analytische Forschung zur fachlichen Klärung wird eng verbunden mit empirischen Untersuchungen zu Schülerperspektiven (z. Z. insbesondere zu ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen und Lernprozessen) und mit der Konstruktion von Unterricht.

### Abstract:

Clarification of science content matter is of key significance for the development of instruction referring to a particular science topic such as evolution, photosynthesis, or energy. Usually this clarification process is primarily or solely informed by issues coming from the structure of the referring science content. Educational issues then are regarded only after the science subject matter structure was clarified. Our model of educational reconstruction closely links hermeneutical-analytical research on the science content structure and the educational significance of parts of it, and also includes empirical studies on students' understanding as well as construction of instruction.

### 1. Grundzüge des Modells

Mit dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion werden fachliche Vorstellungen, wie sie in Lehrbüchern und anderen wissenschaftlichen Quellen Ausdruck finden, mit Schülerperspektiven so in Beziehung gesetzt, daß daraus ein Unterrichtsgegenstand entwickelt werden kann. Das Herstellen von Bezügen zwischen fachlichem und interdisziplinärem Wissen einerseits sowie der Perspektive der Lerner, deren Vorverständnis, Anschauungen und Werthaltungen andererseits ist deshalb notwendig, weil Methoden und Aussagen der Fachwissenschaften nicht unbesehen und unverändert in den schulischen Fachunterricht übernommen werden können. Es sind vielmehr häufig solche fachlichen und fachübergreifenden Bezüge zu berücksichtigen, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler als Fachleute in ihren Diskussionen voraussetzen können, die den Nichtspezialisten sowie

Schülerinnen und Schülern aber nicht bekannt sind. Dazu gehört zum Beispiel, wie bestimmte Ergebnisse gewonnen wurden und verwendet werden. Dazu zählen auch theoretische Vorannahmen und kontroverse Auffassungen, die von Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftlern häufig nicht mitgeteilt werden, und schließlich auch vielfach nicht beachtete Ergebnisse von Nachbardisziplinen. Die fachlich beschriebenen Sachverhalte sind im Unterricht häufig weit stärker, als dies im Wissenschaftsbereich der Fall ist, in umweltliche, gesellschaftliche und individuelle Zusammenhänge einzubetten, um ihre Bedeutung für das Leben des Einzelnen in der Gesellschaft sowie in der belebten und unbelebten Natur zu verdeutlichen. Der didaktisch bearbeitete Gegenstand wird damit komplexer als der fachwissenschaftliche. Diese Komplexität ist nötig, damit die Schülerinnen und Schüler angemessene Vorstellungen entwickeln können.

Die Gegenstände des Schulunterrichts sind also nicht vom Wissenschaftsbereich vorgegeben, sie müssen vielmehr in pädagogischer Zielsetzung erst hergestellt, d. h. didaktisch rekonstruiert werden. Dies ist mehr als:

- ein effektives methodisches Umsetzen oder motivierendes Einkleiden von wissenschaftlicher Erkenntnis,
- eine didaktische Reduktion, die vorwiegend den Prozeß bezeichnet, mit dem aus der im Wissenschaftsbereich vorhandenen Fülle ausgewählt wird, um einen angemessenen Umfang herzustellen,
- eine didaktische Transformation, die den Prozeß betrifft, mit dem die Form der Darstellung und das Niveau der experimentellen Fertigkeiten den Schülerinnen und Schülern angepaßt werden, so daß der Unterrichtsgegenstand verständlich und für sie faßbar wird.

Den Terminus „Didaktische Rekonstruktion“ verwendete Weinberg (1984) im Sinne von „didaktischer Transformation“; Frey (1975) kennzeichnete damit den von ihm vorgeschlagenen Prozeß zur Gewinnung und Rechtfertigung von Curriculuminhalten. In dem hier vorgelegten Modell wird dem Terminus der Rekonstruktion eine Bedeutung zugewiesen, die über die der Reduktion und Transformation von Wissensbeständen hinausgeht. Die Didaktische Rekonstruktion umfaßt sowohl das Herstellen pädagogisch bedeutsamer Zusammenhänge, das Wiederherstellen von im Wissenschafts- und Lehrbetrieb verlorengegangenen Sinnbezügen, wie auch den Rückbezug auf Primärerfahrungen sowie auf originäre Aussagen der Bezugswissenschaften. In dieser Bedeutung wurde der Terminus von Kattmann im Jahre 1986 auf der Konferenz der Sektion Biologiedidaktik der Polnischen Gesellschaft der Naturforscher eingeführt (s. Stawinski, 1993, S. 167; vgl. Kattmann, 1992; 1994; Eschenhagen, Kattmann & Rodi, 1993, S. 49-52). Grundlegend dafür ist das Verständnis der Fachdidaktik als Metawissenschaft, als Teil und Gegenüber der jeweiligen Fachwissenschaften (vgl. Kattmann, 1994).

Das Modell macht mit der fachlichen Klärung, der Interpretation von Perspektiven

der Lerner und dem Ermitteln von Korrespondenzen zwischen beiden Bereichen wesentliche Teile wissenschaftlicher Arbeit explizit, die bisher bei der Erforschung von naturwissenschaftlichem Unterricht und von Schülervorstellungen vorausgesetzt oder nicht eigens als wissenschaftliche Aufgabe begriffen wurden. Es gibt allerdings einige Arbeiten, die zumindest Hinweise darauf geben, daß die angestrebte Verknüpfung zu fruchtbaren Ergebnissen führen kann (vgl. Jung, 1987; Fedra & Schön, 1989; Brown & Clement, 1992; Wiesner, 1995).

Mit der Didaktischen Rekonstruktion werden wesentliche Aufgaben fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in ihren wechselseitigen Bezügen, ihren Voraussetzungen und Abhängigkeiten modelliert. Aus fachdidaktischer Perspektive wird der wissenschaftliche Gegenstand in seinen bedeutsamen Bezügen wiederhergestellt, und es wird durch Rückbezug auf die verfügbaren Schülervorstellungen ein Unterrichtsgegenstand konstruiert. Bei der Didaktischen Rekonstruktion eines Unterrichtsgegenstandes werden drei wechselwirkende Teile eng aufeinander bezogen: fachliche Klärung, Erfassung von Schülervorstellungen und didaktische Strukturierung. Das Beziehungsgefüge dieser drei Teile oder Module wird im fachdidaktischen Triplet (s. Abb. 1) dargestellt (Gropengießer & Kattmann, 1993; Gropengießer & Kattmann, 1994; Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1995; Kattmann & Gropengießer, 1996).

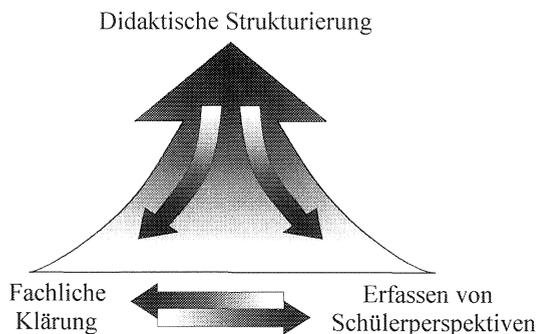


Abb. 1: Fachdidaktisches Triplet: Beziehungsgefüge der Teilaufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Grundlage dieses Modells ist die Interdependenz didaktischer und fachlicher Aspekte. Die Ergebnisse der fachlichen Klärung beeinflussen nicht nur den Umgang mit den Schülervorstellungen, vielmehr beeinflussen auch umgekehrt die erfaßten Schülervorstellungen das Verständnis und die Darstellung der fachlichen Positionen (vgl. dazu den Kasten „Zum Beispiel Wasser“). Aus den Ergebnissen der Teiluntersuchungen und aus deren wechselseitigem Vergleich erwächst die didaktische

Strukturierung und damit die Planung von Lernwegen für Schülerinnen und Schüler. Fachliche und individuelle Aspekte werden gleichwertig für die Didaktische Rekonstruktion von Unterrichtsinhalten genutzt. Umgekehrt beeinflusst die didaktische Strukturierung von vornherein die Forschungen in den anderen Modulen, indem die Vermittlungsabsicht die Auswahl der fachlichen Inhalte und der zu erfassenden Bereiche von Schülervorstellungen begrenzt.

### Zum Beispiel Wasser

Von einem Chemiedidaktiker wird vorgeschlagen, zunächst zu lehren, daß Wasser ein Stoff ist, der chemisch mit dem Molekülsymbol  $H_2O$  bezeichnet wird. Um diese Vorstellung zu festigen und die Schülerinnen und Schüler die Konsistenz ihres Denkens überprüfen zu lassen, soll die Frage gestellt werden, ob Wasser aus dem Harz sich von Wasser aus dem Ruhrgebiet unterscheidet. Von den Schülerinnen und Schülern wird erwartet, daß sie das Gelernte konsistent anwenden und daher zu dem Ergebnis kommen, daß das „Wasser“ in beiden Fällen dasselbe sei, nur die Beimengungen des Wassers seien verschieden.

Ein derartiger Vorschlag zeigt in aller Klarheit die Notwendigkeit der fachlichen Klärung und des Erfassens der Schülervorstellungen:

- Notwendig ist die Klärung, was „Wasser“ fachlich ist und wie weit dieses Konzept reicht: „Wasser“ ist in chemischer Sicht ein Reinstoff. Der Gebrauch des Terminus ist aber selbst innerfachlich nicht widerspruchsfrei, sonst dürfte z. B. nicht von „weichem Wasser“ und nicht von „Wasserhärte“ die Rede sein, nicht einmal von „Aqua dest.“.
- In der Lebenswelt hat Wasser unterschiedliche Qualitäten, z. B. Salzwasser oder Süßwasser; Wasser wird gereinigt und aufbereitet. Der Terminus kann sogar ein Gewässer bezeichnen, weshalb eine Stadt am „Wasser“ liegen kann.

Angesichts dieser Sachlage erscheint es pädagogisch völlig unsinnig, die Schülerinnen und Schüler gegen alle Lebenserfahrung veranlassen zu wollen, Wasser aus dem Harz und Wasser aus dem Ruhrgebiet als gleich zu betrachten. Die didaktische Rekonstruktion hätte vielmehr die Aufgabe, die Besonderheit der chemischen Sichtweise herauszupräparieren und diese zu den Alltagskonzepten von „Wasser“ in Beziehung zu setzen:

- Hilfreich kann hier schon eine terminologische Klärung sein, in der der Reinstoff „Wasser“ von lebensweltlichen Formen des Wassers unterschieden wird. Der chemische Reinstoff „Ha-zwei-Oh“ ist nicht das Wasser des alltäglichen Lebens, d. h. kein „Trinkwasser“ und kein „Leitungswasser“. Mit den genannten Bezeichnungen ist sofort ein lebensweltlicher Bezug gegeben.
- Die fachlichen Aussagen sollten so formuliert werden, daß sie an lebensweltliche Erfahrung anknüpfen und mit dieser (möglichst) vereinbar sind. Die fachlich bestimmte Aussage könnte im Fall des Wassers lauten: Diejenige Komponente, die die Chemiker als „Reinstoff Wasser“ (Molekülsymbol:  $H_2O$ ) bezeichnen, ist in allen Wässern verschiedener Qualitäten und unterschiedlicher Herkunft dieselbe.

Mit einer solchen Formulierung wird die fachliche Aussage auf ihren Geltungsbereich beschränkt und das Konzept vom „Reinstoff Wasser“ in die Alltagserfahrung eingebettet. Da der Terminus „Wasser“ je nach Kontext unterschiedliche Bedeutung hat, wird so zu einer Einsicht in unterschiedliche Konzepte hingeführt, mit der sogar fachliche Unstimmigkeiten kontextuell eingeordnet und somit sinnvoll gedeutet werden können.

Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion werden fachliche Konzepte und Schülervorstellungen gleichwertig behandelt, die Vermittlung von Wissensbeständen und die damit verbundenen pädagogischen Aspekte werden in ein Gleichgewicht gebracht. Zum einen wird keine allgemein gültige „Sachstruktur“ postuliert. Vielmehr werden wissenschaftliche Positionen als Konstrukte der jeweiligen Wissenschaftlergemeinschaft angesehen. Zum anderen wird beim Erfassen der Schülervorstellungen angenommen, daß diese im Kontext der persönlichen Überzeugungen für die jeweilige Person dieselbe Kohärenz und Stimmigkeit besitzen wie die wissenschaftlichen Konzepte innerhalb des jeweiligen Faches. Epistemologisch basiert das Modell der Didaktischen Rekonstruktion in diesem Sinne auf einer konstruktivistischen Position.

## 2. Didaktische Rekonstruktion und Ansätze zum „conceptual change“

Unser konstruktivistisches Bild vom Lernen sowie unsere Sicht von den Zielen des Lernens naturwissenschaftlicher Inhalte stimmen weitgehend mit denen der führenden Ansätze zum „conceptual change“ überein. Da unter diesem Terminus ein breites Spektrum unterschiedlicher Sichtweisen vom Lernen der Naturwissenschaften in der Literatur zu finden ist (Duit, 1996), soll zunächst umrissen werden, was wir darunter verstehen.

Zunächst ist festzuhalten, daß der für „conceptual change“ verwendete deutsche Terminus Konzeptwechsel unglücklich ist, weil er suggeriert, Lernen sei als Auswechseln von „falschen“ vorunterrichtlichen Vorstellungen gegen „richtige“ zu denken. Wir stimmen mit Jung (1986) überein, daß es nicht darum gehen kann, die falschen Vorstellungen gewissermaßen wie Unkraut auszujäten und durch die richtigen Vorstellungen zu ersetzen. Zahlreiche Forschungsergebnisse zeigen klar, daß dies nicht gelingt, auch wenn man sich darum bemüht. In aller Regel sind eben viele der vorunterrichtlichen Vorstellungen nicht schlicht falsch, sondern haben sich in Alltags-

kontexten bestens bewährt - und bewähren sich in diesen Kontexten auch dann noch, wenn man die wissenschaftliche Sicht erlernt hat. Im Unterricht gelingt es in der Regel aber, die Schülerinnen und Schüler ein Stück auf dem Weg von ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Vorstellungen voranzubringen. Häufig muß man sich allerdings mit „Hybridvorstellungen“ (Jung, 1993) zufriedengeben. Als Unterrichtsziel genügt deshalb die Erkenntnis der Lerner, daß naturwissenschaftliche Vorstellungen in bestimmten Kontexten fruchtbarer sind als die Alltagsvorstellungen (vgl. Smith, diSessa & Roschelle, 1992; Hewson & Hewson, 1992). Lernen bedeutet dann in diesem Zusammenhang die Bildung neuer, fachlich orientierter Vorstellungen, die Strukturierung und Bewertung verfügbarer Vorstellungen und deren angemessene Anwendung. Ganz allgemein heißt Lernen in bezug auf Vorstellungen, daß diese von den Lernenden geändert werden. „Vorstellungsänderung“ ist deshalb ein zutreffender Terminus für „conceptual change“ (vgl. Gropengießer, 1997a, S. 147f.).

Unter den Kritiken an den „klassischen“ Ansätzen zum „Konzeptwechsel“ findet sich der wichtige Aspekt, daß diese Ansätze ihren Schwerpunkt auf sachlogische Aspekte legen. Pintrich, Marx & Boyle (1993) sprechen vom „cold conceptual change“ und geißeln damit das Vertrauen vieler Ansätze allein auf „kalte“ Rationalität. Sie weisen völlig zu Recht darauf hin, daß bei der Planung der „rationalen“ Lernwege für eine Lernumgebung zu sorgen ist, die affektiven Aspekten, also Interessen, Einstellungen und Motivation der Lernenden ausreichend Rechnung trägt. O’Laughlin (1992) ergänzt diese Kritik insofern, als er die Bedeutung von Machtstrukturen hervorhebt, in die Lernprozesse eingebettet sind. Wir gehen davon aus, daß Vorstellungsänderungen in Lernumgebungen eingebettet sein müssen, die neben kognitiv-rationalen weitere Leistungen der Lerner nachdrücklich unterstützen (vgl. Duit, 1996). Es ist aus Untersuchungen zu Vorstellungsänderungen gut bekannt, daß rationale Argumente allein häufig nicht

zum Erlernen der wissenschaftlichen Vorstellungen führen. Es wird z. B. berichtet, daß Schülerinnen und Schüler zwar rational verstehen, wie die wissenschaftlichen Vorstellung zu verstehen ist, sie aber nicht glauben (Jung, 1993). Wir teilen diese Kritik. Unser Modell ist in dieser Richtung offen. Allerdings ist die Forschungslage zur Rolle affektiver Aspekte in Konzeptwechselprozessen zur Zeit noch nicht überzeugend. Es gibt bislang lediglich erste tastende Versuche, die Wechselwirkung des Kognitiven mit dem Affektiven in solchen Prozessen zu erfassen.

Seit Beginn der 90er Jahre wird eine intensive Debatte über die konstruktivistische Sichtweise geführt, die den Ansätzen zu Vorstellungsänderungen zugrundeliegt. Die Beiträge von Stork (1995) und insbesondere von Jung (1997) in dieser Zeitschrift lassen Vorbehalte gegenüber dem „mainstream“-Konstruktivismus erkennen. Vehement und nicht ohne Polemik gehen Matthews (1992) und Suchting (1992) z. B. gegen den sogenannten „radikalen“ Konstruktivismus, den von Glasersfeld (1989) vertritt, vor. Entkleidet man die vorgebrachte Kritik der Polemik und liest sie als Hinweis auf durchaus mögliche Gefahren einer extremen Ausdeutung der konstruktivistischen Grundannahmen, so verbleiben in der Tat wichtige Aspekte, die es zu beachten gilt (s. Jung, 1997). Wir gehen aber davon aus, daß eine moderat-konstruktivistische Sichtweise, wie sie z. B. Roth (1994) oder Gerstenmaier und Mandl (1995) umreißen, eine fruchtbare Basis für die Planung und Analyse von Lernprozessen im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist (vgl. Duit, 1995). Diese moderate Sicht vermeidet extreme Ausdeutungen, indem sie z. B. explizit davon ausgeht, daß eine konstruktivistische epistemologische Sicht durchaus kompatibel mit einer kritisch realistischen ontologischen Position ist.

In den vergangenen Jahren haben sich auch im Bereich des Lernens der Naturwissenschaften sozial-konstruktivistische Ansätze entwickelt - zunächst ganz explizit als Gegenposition zu Konzeptwechselansätzen. Letzteren wurde vorgeworfen, sie würden sich aus-

schließlich auf die individuellen Lernprozesse konzentrieren und Aspekte der sozialen Konstruktion vernachlässigen (Roth, 1995, 1996). Wenngleich auch diese Kritik in ihrer Schärfe überzogen ist, so ist sie doch im Kern richtig. „Klassische“ Konzeptwechsel-Ansätze der 80er und der frühen 90er Jahre konzentrierten sich in der Tat auf das Lernen des Individuums. Es wurde zwar konzediert, daß Lernen auch ein sozialer Prozeß ist, aber diesem Gesichtspunkt wurde in aller Regel nicht ausdrücklich Rechnung getragen. Die hier unter dem Terminus „sozial-konstruktivistisch“ gekennzeichneten Ansätze umfassen, wie die klassischen konstruktivistischen auch, ein breites Spektrum von „Spielarten“; sie reichen von phänomenologischen Perspektiven des Lernens (Marton, 1986; Linder, 1993) über die Ansätze von Vygotsky und der sowjetischen kulturhistorischen Schule (s. Bliss, 1997) bis zu solchen Ansätzen, die etwas undifferenziert mit „situiertem Lernen“ (situated cognition; s. Hennessy, 1993; Mandl, Gruber & Renkl, 1995; Roth, 1996) gekennzeichnet werden können. Letztere wiederum greifen die Ergebnisse sozial-konstruktivistischer Studien zur Wissensgenese in wissenschaftlichen Gemeinschaften (Knorr-Cetina, 1981) und zur Alltagsmathematik und -naturwissenschaft auf (Brown, Collins & Duguid, 1989; Lave & Wenger, 1991). In jüngster Zeit gibt es zunehmend Bemühungen, sozial-konstruktivistische Positionen und Ansätze zu Vorstellungsänderungen zusammenzubringen (s. Vosniadou, 1996). Wir orientieren uns an einer solchen „inkluisiven“ Sicht (s. Duit & Treagust, 1998). Es hat sich nämlich in einigen Untersuchungen gezeigt (z. B. Duit, Roth, Komorek & Wilbers, 1997; Stadler & Duit, 1997), daß nicht allein die vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den zu vermittelnden naturwissenschaftlichen Inhalten das Lernen in Gruppen beeinflussen; neben diesen stellen auch die soziale und materiale Situation Kontexte für die Konstruktion von Wissen in Gruppen dar.

Im Rahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion spielen Vorstellungen und Vorstellungsänderungen im oben beschrieb-

nen Prozeß der Wechselwirkung von fachlicher Klärung und Untersuchungen der Schülerperspektiven die entscheidende Rolle. Die sozial-konstruktivistische Perspektive stellt eine erweiterte Grundlage vor allem der didaktischen Strukturierung, also der Planung von Lernprozessen dar (vgl. den Beitrag von Duit, Komorek und Wilbers im vorliegenden Heft).

### 3. Zu den Wurzeln des Modells

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion greift auf bildungstheoretische, allgemeindidaktische und fachdidaktische Traditionen zur Unterrichtsplanung und Curriculumentwicklung zurück, die im folgenden skizziert werden. Auf diese Weise können einerseits wichtige Wurzeln des Modells freigelegt werden, andererseits wird vorbereitet herauszuarbeiten, inwiefern das Modell über diese Wurzeln hinaus „Neues“ zu bieten hat.

#### 3.1 Klafkis Ansatz der Didaktischen Analyse

Klafkis Ansatz der Didaktischen Analyse (Klafki, 1969) basiert auf der deutschen Bildungstradition. Er dient der Bestimmung des Bildungsgehaltes der Lehrgegenstände, den Klafki als den ersten und wichtigsten Schritt der Unterrichtsvorbereitung ansieht. Bei der Didaktischen Analyse werden Grundfragen an einen Bildungsinhalt gestellt, nach dem Sinn- und Sachzusammenhang und der Möglichkeit „exemplarisch“ zu wirken, nach dessen gegenwärtiger und zukünftiger Bedeutung, nach dessen Struktur und nach anschaulichen Fällen. Solche Fragen sind auch im Rahmen unseres Modells zu stellen.

Festzuhalten sind drei Gesichtspunkte. Erstens geht Klafki (1970) vom „Primat der Didaktik“ im Prozeß der Unterrichtsplanung aus, d. h. Entscheidungen über die mit den Bildungsinhalten beabsichtigten allgemeinen und speziellen Ziele gehen Entscheidungen über Methoden und Medien voraus. Darin unterscheidet sich Klafkis Ansatz grundlegend vom Ansatz der Berliner Schule, der im

folgenden Abschnitt diskutiert wird. Zweitens soll jeder Inhalt, der im Unterricht vermittelt wird, nicht allein um seiner selbst willen unterrichtet werden, sondern gewissermaßen „exemplarisch“ etwas Allgemeines erschließen. Wagenschein (1965) hat den Gedanken des Exemplarischen aufgegriffen und fachdidaktisch, vor allem physikdidaktisch, ausgearbeitet. Aus dem Prinzip des Exemplarischen ergibt sich drittens, daß die Analyse der in Rede stehenden Sache das „Elementare“, die grundlegenden „Ideen“ dieser Sache herausarbeiten sollte (zum Zusammenhang des „Elementaren“ mit dem Begriff der kategorialen Bildung s. Klafki, 1963). Genau dieses Ziel verfolgt der Prozeß der fachlichen Klärung im Rahmen unseres Modells (s. dazu die Anmerkungen zur Elementarisierung weiter unten).

#### 3.2 Das Strukturmomentenmodell der Berliner Schule

Im Gegensatz zum oben skizzierten bildungstheoretischen Ansatz der Didaktischen Analyse nach Klafki (1969) basiert das Strukturmomentenmodell (Heimann, Otto & Schulz, 1969) auf einer lerntheoretisch orientierten Didaktik. Die Variablen, die den Unterricht bestimmen, „Thematik“, „Methoden“, „Medien“ und „Intentionen“, stehen in wechselseitiger Abhängigkeit. Anthropogene Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und soziokulturelle Voraussetzungen beeinflussen die Variablen. Streng genommen sind die beiden Modelle - die Didaktische Analyse und das Strukturmomentenmodell - miteinander nicht vereinbar. Allerdings ist hinsichtlich der Frage des „Primats der Didaktik“ ein Kompromiß gefunden worden: Man erkennt die grundsätzliche wechselseitige Abhängigkeit der den Unterricht bestimmenden Variablen an, billigt aber Zielentscheidungen im Planungsprozeß eine gewisse Priorität zu (Klafki, Otto & Schulz, 1977). Diese Kompromißposition gilt auch für unser Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Es baut auf der Idee der Sachanalyse unter didaktischem Aspekt sowie auf der grundlegenden Interdependenz aller Bestimmungstücke des Unterrichts auf.

### 3.3 Zum Begriff der Elementarisierung

Es ist fachdidaktisches Allgemeinwissen, daß die Sachstrukturen der Wissenschaften nicht unmittelbar als Sachstruktur für den Unterricht übernommen werden können. Sie sind in aller Regel zu abstrakt und deshalb Schülerinnen und Schülern nicht zu vermitteln. Unter dem Begriff der Elementarisierung werden Bemühungen zusammengefaßt, die sich mit der „Anpassung“ der wissenschaftlichen Sachstruktur an die Fähigkeiten der Lernenden beschäftigen. Von Seiten der Physikdidaktik liegen zu diesem Begriff eine Reihe von Überlegungen vor (Jung, 1984; Bleichroth, 1991). Bleichroth (1991) unterscheidet drei Aspekte der Elementarisierung. Den ersten nennt er Elementarisierung als Vereinfachung. Hier geht es um die Reduzierung der Komplexität, die allerdings nicht als schlichte Simplifizierung mißverstanden werden darf. Dieser Aspekt wird auch Didaktische Reduktion genannt (Kahlke & Kath, 1984). Der zweite Aspekt kennzeichnet Elementarisierung als Identifizierung des Elementaren eines betrachteten Inhalts. Hier gilt es, die „Elementaria“, d. h. die tragenden „Grundideen“ oder die allgemeine Gesetzmäßigkeit herauszuarbeiten. Beim dritten Aspekt, Elementarisierung als Zerlegung in Unterrichtselemente, geht es darum, daß ein zu vermittelnder Inhalt so in bestimmte Elemente zu zerlegen, daß sich darauf aufbauend eine Abfolge von Unterrichtsinhalten ergibt, die von den Schülerinnen und Schülern gelernt werden kann.

Für die Aufgabe der Anpassung der wissenschaftlichen Sachstruktur an die Fähigkeiten der Lernenden muß von einem Wechselspiel der ersten beiden Aspekte ausgegangen werden. Die Identifizierung der elementaren Ideen eines Inhaltes greift ohne Zweifel auf das oben genannte Prinzip des Elementaren von Klafki (1970) zurück. Es wird damit klar, daß es bei der Elementarisierung nicht um „Vereinfachung“ allein geht, sondern auch darum, einen Weg zu finden, die elementaren Grundideen des betreffenden Inhalts zu erschließen. Dabei muß bei vielen zentralen

Begriffen und Prinzipien der Naturwissenschaften ein Kurs zwischen Skylla und Charybdis gesteuert werden, d. h. es müssen Gesichtspunkte der „fachlichen Zulässigkeit“ und der „Erlernbarkeit“ gegeneinander abgewogen werden (Duit, 1991). Die Elementarisierung spielt in unserem Modell der Didaktischen Rekonstruktion eine wichtige Rolle. Allerdings ist zu beachten, daß sie dort in eine konstruktivistische epistemologische Sicht eingebettet ist, die z. B. vom grundsätzlich „vorläufigen“ Charakter der wissenschaftlichen Sachstruktur ausgeht. Aus dieser Perspektive darf der Prozeß der „Identifizierung“ nicht als Auffinden von in der Sache gewissermaßen unveränderlich vorhandenen Aspekten gesehen werden, sondern als Konstruktionsprozeß. Mit anderen Worten: Die Perspektive, mit der man an die „Identifikation“ der Elementaria herangeht, bestimmt mit, welche gefunden werden.

### 3.4 Diskursive Legitimierung von Unterrichtsinhalten

Die Rechtfertigung von Curriculuminhalten soll nach Frey (1975) im elementaren Diskurs erfolgen. Um ein bestimmtes Informationsangebot einem elementaren Diskurs zugänglich zu machen, muß es zunächst elementarisiert werden. Dabei geht es einerseits darum, „die Informationsangebote, welche für ein Curriculum in Betracht gezogen werden, auf ihre einfachsten (elementaren) Aussageinhalte zurückzuführen“ (Frey, 1975, S. 110) und sie andererseits „in ihrer Komplexität so zu reduzieren, daß sie mit den lebenspraktischen Handlungsräumen der Beteiligten in Verbindung gebracht werden können“ (Frey, 1975, S. 110). Freys Hauptaugenmerk gilt dabei dem Verfahren. Ziel des Prozesses ist es, das Informationsangebot gewissermaßen in eine Sprache zu übertragen, die von allen Beteiligten an einem Curriculumprozeß verstanden werden kann; der elementare Diskurs schafft eine Verständigungsbasis. Der Prozeß der Elementarisierung wird dabei nicht allein von Aspekten der in Rede stehenden Sache bestimmt, sondern wesentlich auch von den

Zielorientierungen der am Prozeß Beteiligten. Darüber hinaus sind Unterrichtsinhalte auf der Grundlage von bestimmten Zielvorstellungen zu bestimmen und zu rechtfertigen. Diesen Prozeß nennt Frey Didaktische Rekonstruktion.

Freys Begriff der Didaktischen Rekonstruktion und unser Verständnis dieses Terminus im hier diskutierten Modell stimmen in einer Reihe von wichtigen Aspekten überein. Ein wesentlicher Unterschied liegt aber darin, daß unser Modell sich nicht darauf beschränkt, Entscheidungen über Unterricht in einem rationalen Diskurs zu finden, zu kodifizieren und zu rechtfertigen, sondern darauf abzielt, Unterrichtsinhalte didaktisch so zu rekonstruieren, daß sie Schülerinnen und Schülern zugänglich gemacht werden können.

### 3.5 Fazit

Die vorstehende Analyse zu den Wurzeln unseres Modells soll zeigen, welche wichtigen Aspekte der pädagogischen und fachdidaktischen Tradition im Modell aufgenommen und zusammengeführt werden:

- Von Klafkis Ansatz der Didaktischen Analyse sind dabei zwei Gesichtspunkte zu nennen; zum einen, daß eine Sachanalyse, die zu einer Sachstruktur für den Unterricht führen soll, notwendigerweise didaktische Perspektiven in Betracht ziehen muß; zum anderen das Prinzip des „Exemplarischen“, bei dem der Prozeß der Anpassung der komplexen Sachstruktur der Wissenschaft an die Fähigkeiten der Lernenden nicht als simple Vereinfachung zu verstehen ist, sondern als Bestimmung der Elementaria dieser Sachstruktur unter didaktischer Perspektive.
- Das Strukturmomentenmodell der „Berliner Schule“ (Heimann, Otto und Schulz) steuert zu unserem Modell die Idee der grundlegenden Interdependenz aller den Unterricht bestimmenden Variablen bei.
- Freys Vorschlag diskursiver Legitimation bietet einen Ansatz, Didaktische Rekonstruktion in methodischer Hinsicht als curricularen Prozeß zu verstehen.

## 4. Komponenten des Modells

Methodisch gesprochen, handelt es sich bei der fachlichen Klärung um eine hermeneutisch-analytische, bei der Erfassung der Lernerperspektive um eine empirische und bei der didaktischen Strukturierung um eine konstruktive Untersuchungsaufgabe. Diese drei Komponenten der Didaktischen Rekonstruktion (s. Abb. 2) sind mit jeweils adäquaten Methoden zu bearbeiten.

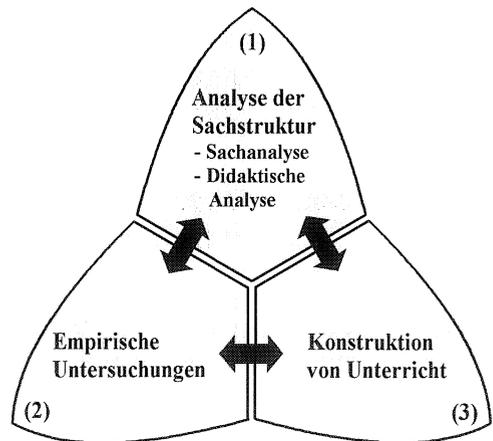


Abb. 2: Komponenten der Didaktischen Rekonstruktion: das Methodengefüge

*Fachliche Klärung:*

*Inhaltsanalysen fachlicher Quellen*

Für die Planung und Durchführung eines Unterrichtsthemas ist die Kenntnis der betreffenden fachwissenschaftlichen Vorstellungen und Methoden unverzichtbar. Fachliche Vorstellungen werden jedoch selten fachdidaktisch untersucht. Oft wird ein wissenschaftliches oder schulisches Lehrbuch in der Annahme zugrundegelegt, dort seien korrekte und akzeptable fachliche Vorstellungen umstandslos zu entnehmen; in vielen Fällen werden fachliche Vorstellungen einfach wie selbstverständlich als bekannt vorausgesetzt. Eine kritische Analyse der fachlichen Vorstellungen findet nicht statt. Sie ist aber nötig, weil fachliche Darstellungen oft persönliche Sichtweisen enthalten, weil innerfachliche Bezüge zu kurz kommen oder weil historische Verständnisse meist unreflektiert oder sogar

unerkannt hineinspielen (Kattmann, 1992, S. 46f.). Die fachdidaktische Untersuchung fachlicher Vorstellungen ist außerdem deswegen wichtig, weil eine Theorie keinesfalls allein innerfachlich zu klären ist. Es bedarf vielmehr immer einer metafachlichen Perspektive, die in diesem Fall von der Fachdidaktik als Metawissenschaft eingenommen wird, um zwischenfachliche und überfachliche Bezüge in den Blick zu bekommen. Es gilt also, die zu einem Thema beitragenden fachlichen Theorien mit fachdidaktischen Methoden zu untersuchen und zu strukturieren, sie also fachlich zu klären.

Typische und obligatorische Fragen der fachlichen Klärung sind:

- Welche fachwissenschaftlichen Aussagen liegen zu diesem Thema vor, und wo zeigen sich deren Grenzen?
- Welche Genese, Funktion und Bedeutung haben die fachlichen Begriffe, und in welchem Kontext stehen sie jeweils?
- Welche Fachwörter werden verwendet, und welche Termini legen durch ihren Wortsinn lernhinderliche bzw. -förderliche Vorstellungen nahe.

Abhängig vom Thema können spezifische Fragen gestellt werden, z. B. nach dem jeweiligen theoretischen Rahmen der Begriffe, nach der historischen Einordnung der Theorien, Denkfiguren, Konzepte, Begriffe und Termini, nach den (möglicherweise unausgesprochen) vorausgesetzten wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Positionen, nach der Spezifität und den Grenzen der disziplinären Herangehensweise, nach den Grenzüberschreitungen, nach den ethischen und gesellschaftlichen Implikationen und nach den Anwendungsgebieten.

Die fachwissenschaftlichen Erkenntnisse müssen geklärt, d. h. angeeignet, strukturiert und auf einer adäquaten Ebene dargestellt werden. Die kritische und methodisch kontrollierte systematische Untersuchung wissenschaftlicher Theorien, Methoden und Termini unter Vermittlungsabsicht - also einem metafachlichen Auswahlkriterium - wird fachliche Klärung genannt. Gegenstand der fachlichen Klärung sind sowohl der gegenwärtige Stand

der Theoriebildung zu einem Thema als auch überholte und historische Theorien, wenn sie einen Beitrag zur Präzisierung oder Abgrenzung aktueller Theorien und Termini liefern bzw. zum Verständnis von Schülervorstellungen beitragen. Ausgehend von dieser Fragestellung werden Quellentexte mit der sozialwissenschaftlichen Methode der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 1990; Lamnek 1989) untersucht, die für fachdidaktische Zwecke adaptiert wurde (Gropengießer, 1997a). Die Untersuchung erfolgt in den Schritten Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung. Als Quellen der fachlichen Klärung dienen einschlägige Lehrbücher und wissenschaftsgeschichtliche Monographien, wobei möglichst auf Originalliteratur zurückzugreifen ist (Kattmann, 1992). Welche der verschiedenen wissenschaftlichen Anschauungen zu einem Thema auszuwählen sind und inwiefern sie für das Lernen wichtig sind, ist nicht von vornherein bekannt. Die Auswahl wird so getroffen, daß bedeutsame historische und gegenwärtig herrschenden Anschauungen jeweils durch herausragende Texte vertreten sind.

#### *Empirische Erhebungen von Schülervorstellungen*

Unter „Vorstellungen“ fassen wir kognitive Konstrukte verschiedener Komplexitätsebenen, also Begriffe, Konzepte, Denkfiguren und Theorien, zusammen (vgl. Gropengießer, 1997a, b). Gegenstand der Untersuchung sind alle von den Schülerinnen und Schülern verwendeten Vorstellungen zu einem Thema und nicht etwa nur das Wissen der Schülerinnen und Schüler im Sinne fachlicher Kenntnisse. Die Schülervorstellungen sind in dem Kontext zu verstehen, in dem sie vom Individuum gebildet werden. Bei der Interpretation von Schüleräußerungen ist vorauszusetzen, daß die in ihnen enthaltenen Vorstellungen für die Schülerinnen und Schüler (in ihrem jeweiligen konzeptuellen Rahmen und Kontext) sinnvoll und stimmig sind. So lange sie als widersprüchlich oder gar absurd erscheinen, ist zu vermuten, daß das Gesagte vom Interpretierenden noch nicht verstanden wurde (vgl. Minstrel im Anschluß an T. S.

Kuhn, 1992; Lijnse, 1995). Von daher sollte auch deutlich sein, daß wir nicht meinen, die Alltagstheorien von Schülerinnen und Schülern seien aus Fehlvorstellungen (misconceptions) zusammengesetzt. Schülervorstellungen werden von uns zuvorderst als notwendiger Ausgangspunkt des Lernens behandelt. Sie sind in nachvollziehbarer Weise auf wissenschaftliche Anschauungen zu beziehen, um die unterschiedlichen Sichtweisen - in verschiedenen Kontexten - einsehbar zu machen.

Um die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu erfassen und mit den Vorstellungen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vergleichen zu können, werden die in ihnen erkennbaren Konzepte herauspräpariert und verallgemeinert. Es werden also Aussagen über die Struktur und Qualität von Konzepten gesucht. In welchen Quantitäten bestimmte einzelne Vorstellungen in einer Schülerpopulation vorkommen, ist dabei weniger wichtig. Es geht um die Identifizierung bereichs- und themenspezifischer Denkweisen. Die Verallgemeinerung erfolgt in Form von Kategorienbildung; es werden Kategorien von Vorstellungen zu einem Thema erschlossen.

Typische Fragen bei der Erhebung von Schülervorstellungen sind:

- Welche Vorstellungen haben Schülerinnen und Schüler zu einem bestimmten Thema?
- Stammen die Vorstellungen aus lebensweltlichen oder fachorientierten Kontexten?
- Welche unterschiedlichen Bedeutungen werden zentralen Fachwörtern zugewiesen?

Die Fragestellung kann je nach Forschungsinteresse ausdifferenziert bzw. ergänzt werden, z. B. durch epistemologische, ontologische, wissenschaftstheoretische, religiöse und ethische Aspekte.

Die Methoden, mit denen die Schülervorstellungen erhoben werden sollen, sind an der Fragestellung und dem Forschungsgegenstand auszurichten. Immer ist das Kriterium der Gegenstandsangemessenheit von Methoden und Theorien (Flick, 1995, S. 13f.) leitend. Die Adäquanz der Methoden ist also im Hinblick auf die Eigenart des Forschungsge-

genstandes unter theoretischer Bezugnahme auf das Modell der Didaktischen Rekonstruktion als Rahmen und unter Beachtung der Forschungssituation zu begründen. Je nach Forschungsstand wurden problemzentrierte offene Interviews oder Fragebögen gewählt.

#### *Didaktische Strukturierung:*

##### *Grundsätze zur Konstruktion von Unterricht*

Grundlage der didaktischen Strukturierung ist die Verknüpfung der Ergebnisse der fachlichen Klärung mit denen der Erhebung von Schülervorstellungen. Die verallgemeinerten Vorstellungen der Wissenschaftler werden mit denen der Schüler verglichen. Zwischen den Konzepten, Denkfiguren und Theorien beider Seiten werden systematisch und strukturiert Beziehungen hergestellt. Dabei sollen zum einen die Charakteristika beider Perspektiven deutlich werden und zum anderen die lernförderlichen Korrespondenzen und voraussehbaren Lernschwierigkeiten. Auf diese Weise wird die mit dem iterativen Vorgehen implizierte wechselseitige Interpretation zu einem Abschluß gebracht.

Typische Fragen bei der didaktischen Strukturierung sind:

- Welche Korrespondenzen und unterrichtlichen Möglichkeiten eröffnen sich aus dem Vergleich der Vorstellungen von Wissenschaftlern und Schülern?
- Welche Schülerperspektiven sind bei der Vermittlung von Begriffen und bei der Verwendung von Termini zu beachten?
- Welche metafachlichen und metakognitiven Denkwerkzeuge können für ein angemesseneres und furchtbares Lernen nützlich sein?

Die Untersuchung bedient sich des wechselseitigen Vergleichs (s. Gropengießer, 1997a); „wechselseitig“ deshalb, weil die Verknüpfungen nicht nur einseitig normativ vergleichend hergestellt werden. Vielmehr sollen sich die beiden Untersuchungsergebnisse gegenseitig erhellen. Die als gleichwertig behandelten Untersuchungsergebnisse sollen aus der jeweils anderen Perspektive charakterisiert und bewertet werden. Dies geschieht in Vermittlungsabsicht. Bei dem Vergleich sind sowohl

Gemeinsamkeiten wie auch Unterschiede von Interesse. Der wechselseitige Vergleich wird strukturiert, indem Felder von Korrespondenzen als Suchraster benutzt werden. Es handelt sich dabei um die folgenden grundsätzlichen Kategorien:

- **Eigenheiten:** Konzepte zu bestimmten Inhaltsbereichen sind entweder hauptsächlich für fachwissenschaftliche Theorien oder aber für die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler charakteristisch, sie sind den fachwissenschaftlichen oder den lebensweltlichen Theorien eigen.
- **Gemeinsamkeiten:** Den fachwissenschaftlichen Theorien wie den Vorstellungen der Schülerinnen und Schülern sind gleichgerichtete oder kongruente Vorstellungen zu bestimmten Inhaltsbereichen gemein.
- **Verschiedenheiten:** Vorstellungen zu bestimmten Inhaltsbereichen sind zwischen fachwissenschaftlichen Theorien und den Vorstellungen der Schülerinnen und Schülern verschieden. Die Verschiedenheiten können als Gegensätze bewertet werden und sind nur dann als Widersprüche zu bezeichnen, wenn sie ausdrücklich im Rahmen derselben Theorie stehen.
- **Begrenztheiten:** Die Eigenheiten der Sicht der Schülerinnen und Schüler ermöglichen es, die Grenzen der wissenschaftlichen Theorien zu erkennen und umgekehrt.

Die didaktische Strukturierung ist rückgebunden an die fachliche Klärung und die erhobenen Schülervorstellungen, allerdings in unterschiedlicher Weise: Die Schülervorstellungen müssen als Gegebenheiten, von denen auszugehen ist, für wahr genommen werden; die in der fachlichen Klärung gewonnenen wissenschaftlichen Aussagen bilden

den Zielbereich, der im Unterricht angestrebt wird.

Auf der Grundlage des wechselseitigen Vergleichs werden grundlegende Entscheidungen für die unterrichtliche Vermittlung des Themas getroffen. Die didaktische Strukturierung ist eine Planungsaufgabe und kann somit nicht gefunden werden - sie ist vielmehr zu erfinden. Dabei sind Planungsmethoden nützlich, die das Wechselspiel von Theorie und Empirie produktiv umsetzen. Die Grundsätze des so konstruierten Unterrichts können dann in Akzeptanz- und Interventionsstudien bzw. in unterrichtsbezogenen Untersuchungen anhand von Unterrichtselementen und -einheiten überprüft werden.

#### *Ablauf der Untersuchung: Iteratives Vorgehen*

Die drei Untersuchungsaufgaben innerhalb des Modells der Didaktischen Rekonstruktion stehen in Wechselwirkung zueinander und sind damit jeweils von den Ergebnissen der anderen Untersuchungsaufgaben abhängig. Deshalb können weder alle drei Teilaufgaben gleichzeitig bearbeitet noch in eine lineare Abfolge dreier streng aufeinander folgender Einzelschritte übersetzt werden. Notwendig ist eine Vorgehensweise, die mit vorläufigen Untersuchungsergebnissen und wiederholten Perspektivenwechseln arbeitet. Bei diesem iterativen Vorgehen wird abwechselnd eine

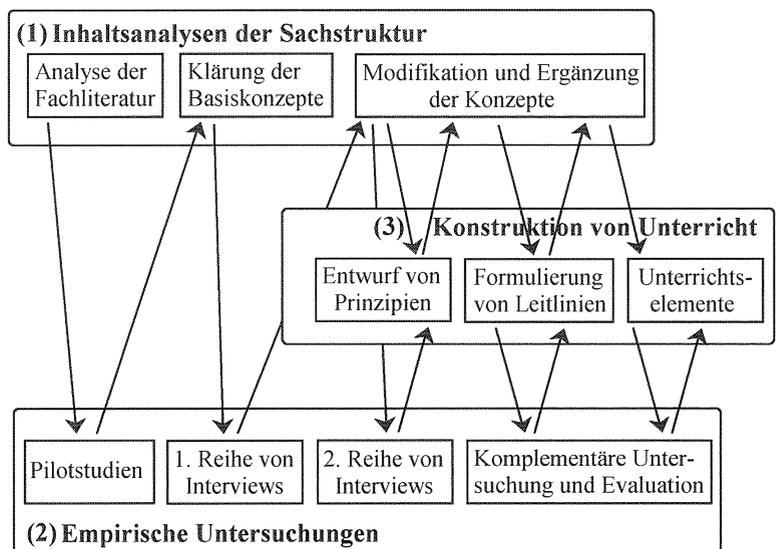


Abb. 3: Untersuchungsablauf: Iterative Abfolge der Forschungsschritte

Untersuchungsaufgabe soweit vorangebracht, wie es der Stand der Untersuchung in den jeweils anderen Komponenten erlaubt, oder auch, wie es die Arbeiten an den anderen Komponenten fördert (s. Abb. 3). Es handelt sich um ein wiederholtes Springen von einem Modul zu einem anderen, so daß im Modell der Didaktischen Rekonstruktion deren wechselseitige Bezüge hergestellt und deren Abhängigkeiten wirksam werden können. Es wird immer wieder die Analyse, die empirische Untersuchung und die Entwicklung der didaktischen Strukturierung auf erweiterter Basis aufgenommen und in ein wachsendes und vertieftes Verständnis übersetzt. Unzutreffende oder unzulässige Zuordnungen und Interpretationen können durch diese iterative Vorgehensweise korrigiert werden.

##### 5. Zum Stellenwert des Modells der Didaktischen Rekonstruktion in der Unterrichtsplanung und fachdidaktischen Forschung

Wenn der Anspruch besteht, mit einem Modell neue Akzente bei fachdidaktischen oder allgemeindidaktischen Problemen zu setzen, muß man sich fragen lassen, ob nicht Wohlbekanntes lediglich unter einem neuen Namen daherkommt. Die Kognitionspsychologin Ann Brown hat auf die Frage, was denn an ihrem Ansatz zu „Design experiments“ (Brown, 1992) neu sei, geantwortet: „Nothing and everything“. Wir kommen in Bezug auf unser Modell der Didaktischen Rekonstruktion zu einer ähnlichen Antwort. Viele Aspekte, die unser Modell bietet, sind allbekannt, sie finden sich mit gewissen Variationen in vielen Didaktiken. So beschäftigen sich Lehrerinnen und Lehrer schon immer mit den fachwissenschaftlichen Grundlagen eines Themas, sie ziehen auch die vermuteten Fähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler in Betracht. Gute Lehrerinnen und Lehrer tun dies überdies in einer Weise, die heute von konstruktivistischer Seite gefordert wird. Der obige Exkurs zu den Wurzeln unseres Modells zeigt auch, daß wir in theoretischer Hinsicht auf einer langen Tradition

aufbauen. Unser Modell nimmt eine Reihe von bekannten und bewährten Aspekten auf, verbindet sie allerdings konsequent und erweitert sie wesentlich. Zwei Gesichtspunkte spielen dabei entscheidende Rollen. Zum einen gehen wir konsequent von einer konstruktivistischen epistemologischen Position aus. Wir legen sie unseren Überlegungen zur fachlichen Sachstruktur, also zum fachlichen Wissen, ebenso zugrunde wie den empirischen Untersuchungen zu Perspektiven der Lernenden. Zum anderen gehen wir konsequent von der wechselseitigen Abhängigkeit der wesentlichen, den Unterricht bestimmenden Variablen aus. Wir kommen auf diese Weise zu einem Modell, das es erlaubt, Planungs- und Entwicklungsarbeiten für den naturwissenschaftlichen Unterricht in einem systematischen und kontrollierten Vorgehen zu bearbeiten. Mit der Didaktischen Rekonstruktion werden wichtige fachdidaktische Aufgaben einer wissenschaftlichen Bearbeitung zugänglich. Die besonderen Leistungen des Modells sehen wir in folgenden Punkten:

- Gestaltung der fachlichen Klärung als fachdidaktische Aufgabe.  
Die fachliche Klärung wird als eigenständige Aufgabe begriffen, die methodisch klar gestaltet und in einen theoretischen Rahmen eingefügt ist. Sie darf nicht auf fachliche Aspekte allein rekurrieren, denn unterschiedliche Vermittlungsabsichten erfordern unterschiedlich akzentuierte fachliche Klärungen. Das bedeutet, daß die fachliche Klärung stets in das Geflecht der Wechselwirkungen, die das Modell der Didaktischen Rekonstruktion charakterisieren, eingebettet ist.
- Schülervorstellungen sind notwendige Anknüpfungspunkte des Lernens.  
Schülervorstellungen werden als Ergebnis der bisherigen Lerngeschichte geachtet. Es wird davon ausgegangen, daß sie den Lernenden sinnvolle Orientierung in ihnen wichtigen Situationen vermitteln. Sie zeigen daher häufig eine kohärente Struktur, weshalb sie als theorieähnlich interpretiert werden können. Schülervorstellungen werden für sich ernst genommen; es wird nicht

vorschnell ein fachliches Raster angelegt, d. h. sie werden nicht in „falsch“ oder „richtig“ sortiert. Sie werden weiterhin nicht vorwiegend als Lernhemmnisse angesehen, die es im Unterricht zu überwinden gilt. Schülervorstellungen werden vielmehr als notwendige Anknüpfungspunkte betrachtet, von denen aus Lernwege zu den wissenschaftlichen Vorstellungen konstruiert werden müssen. Ähnliche oder gar übereinstimmende Elemente in Schülervorstellungen einerseits und in wissenschaftlichen Theorien andererseits können z. B. als Brücken zum Verständnis genutzt werden.

- Vergleichbarkeit der Vorstellungen von Wissenschaftlern und Schülern.

Vorstellungen von Wissenschaftlern und Schülern werden gleichgewichtig für die didaktische Strukturierung nutzbar gemacht. Sie werden auf den jeweils gleichen Komplexitätsebenen, z. B. von Konzepten oder Denkfiguren, verallgemeinert. Damit ist ein detaillierter und kontrastierender Vergleich der Vorstellungen von Wissenschaftlern und Schülern möglich.

- Synergetische Effekte beim Verstehen fremder Vorstellungen.

Schülervorstellungen können auf der Basis der fachlichen Vorstellungen besser verstanden werden, weil es sich in beiden Fällen um methodisch kontrolliertes Fremdverstehen handelt. Umgekehrt hilft die genaue Kenntnis der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu einem Thema dem Interpretieren, die fachliche Sachstruktur besser zu verstehen. Ein überraschendes Ergebnis unserer bisherigen Untersuchungen bestätigt dies: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verwenden in fachwissenschaftlichen Quellen bisweilen - offenbar unwissentlich - lebensweltliche Vorstellungen, die zu den wissenschaftlichen Konzepten im Gegensatz stehen.

- Selbstkorrigierende Vorgehensweise.

Durch die iterative und nicht additive Vorgehensweise bei der Bearbeitung der Untersuchungsaufgaben und durch die synergetischen Effekte werden unzutreffende und unzulässige Interpretationen und Zuordnungen durch das Verfahren erkennbar und korrigierbar. Das „Beispiel Wasser“ zeigt zum Beispiel, wie die Gültigkeit des wissenschaftlichen Konzepts neu bestimmt und ein besseres Verständnis erreicht wird, indem der Geltungsbereich der Vorstellungen von Schülern und Wissenschaftlern markiert wird.

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion ist gemeinsam von einer Oldenburger und einer Kieler Arbeitsgruppe entwickelt und in ihren Forschungsprojekten erprobt worden. Dabei haben beide Gruppen nicht allein Themen aus unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Themenbereichen behandelt<sup>1</sup>, sie haben auch unterschiedliche Akzente gesetzt. Die Oldenburger Gruppe hat ihren Schwerpunkt auf die Wechselwirkung von fachlicher Klärung und empirischen Untersuchungen zu vorunterrichtlichen Schülervorstellungen gelegt (Gropengießer, 1997b; Baalman, Frerichs & Illner, im Druck; Hilge, im Druck). In der Kieler Gruppe sind von vornherein Pilotunterrichtseinheiten entwickelt und evaluiert worden, um Gegebenheiten realer Lernsituationen bei der Didaktischen Rekonstruktion berücksichtigen zu können. Aus diesem Grunde ist auch das Design der empirischen Untersuchungen unterschiedlich. In der Oldenburger Gruppe stehen bisher teilstrukturierte Interviews zur Erhebung von Vorstellungen im Mittelpunkt (s. Gropengießer, 1997b), in der Kieler Gruppe kommen Techniken zum Einsatz, die es erlauben, Vorstellungsänderungen, also Lernprozesse zu untersuchen. Ein weiterer Unterschied mag darin gesehen werden, daß in der Oldenburger

<sup>1</sup> In der Oldenburger Gruppe sind die folgenden Themen bearbeitet worden: Evolution (Wilfried Baalman), Genetik (Vera Frerichs), Reflex und Sehen (Harald Gropengießer), Mikrobiologie (Catja Hilge), religiöse Aspekte der Evolution (Regine Illner) und Zellbiologie (Ulrich Kattmann). In der Kieler Gruppe (Reinders Duit, Michael Komorek und Jens Wilbers) hat das Modell als Rahmen für die Erschließung von Grundideen der Theorien nichtlinearer Systeme, bislang vor allem zur Chaostheorie und zu Fraktalen, gedient.

Gruppe versucht wird, das Modell an einer Reihe von eingeführten zentralen Begriffen des Biologieunterrichts zu erproben, während der Kieler Gruppe z. Z. daran gelegen ist, die Erschließung eines neuen Gebiets für den Physikunterricht zu untersuchen. Die von beiden Gruppen durchgeführten Vorhaben gehen über die Erprobung des Modells und die Erschließung des jeweiligen Themas hinaus, indem explizit Beiträge zur Erweiterung eingeführter Konzeptwechsel-Perspektiven erarbeitet werden (s. dazu auch den nachfolgenden Beitrag von Duit, Komorek und Wilbers in diesem Heft). Die Erfahrungen in beiden Arbeitsgruppen zeigen, daß das Modell einen Rahmen bietet, der durch seine Struktur die fachdidaktische Arbeit verlässlich stützt, zugleich aber flexibel genug ist, die einzelnen Aktivitäten an das betreffende Thema anzupassen und spezifische Akzente zu setzen erlaubt. Diese Erfahrungen haben uns veranlaßt, das Modell hier vorzustellen und es als theoretischen Rahmen für fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeit vorzuschlagen.

## Literatur

- Baalmann, W., Frerichs, V. & Illner, R. (im Druck). Educational Reconstruction - examples in the fields of genetics and evolution. In H. Bayrhuber, & F. Brinkman, (Eds.), *What-Why-How? Didactical Research in Europe*. Kiel: IPN.
- Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, März 1991, 4-11.
- Bliss, J. (1997). Piaget und Vygotsky: Ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 2 (3), 3-16
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences* 2, 141-178.
- Brown, D. E. & Clement, J. (1992). Classroom teaching and 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 an der Universität Kiel.
- Brown, J. S., Collins & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher* 18, 32-42.
- Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science - From behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*. Dodrecht, The Netherlands: Kluwer (in press).
- Duit, R. (1991). Zur Elementarisierung des Energiebegriffs. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, März 1991, 12-19.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41, 905-923.
- Duit, R. (1996). Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In R. Duit & Ch. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 145-162). Kiel: IPN an der Universität Kiel.
- Duit, R., Komorek, M. & Wilbers, J. (1997). Studien zur Didaktischen Rekonstruktion der Chaostheorie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3, Heft 3.
- Duit, R., Roth, W.-M., Komorek, M., & Wilbers, J. (1997). Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: Towards an integrative perspective on learning in science. Submitted to the *International Journal of Science Education*.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U. & Rodi, D. (Eds.) (1993). *Fachdidaktik Biologie* (2. Aufl.). Köln: Aulis.
- Fedra, D. & Schön, L. (1989). Sinneswahrnehmungen und Physik. *Physik und Didaktik* 17 (2), 104-123.
- Flick, U. (Hrsg.) (1995). *Handbuch Qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz; Psychologie Verlags Union.
- Frey, K. (1975). Rechtfertigung von Bildungsinhalten im elementaren Diskurs: Ein Entwurf für den Bereich der didaktischen Rekonstruktion. In R. Künzli (Hrsg.), *Curriculumentwicklung - Begründung und Legitimation* (S. 103-129). München: Kösel.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* 41 (6), 867-888.

- Glaserfeld, E. von (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese* 80, 121-140.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (1993). Didaktische Rekonstruktion zentraler biologischer Begriffe am Beispiel „Sehen“. In H. Kühnemund & H. D. Frey (Hrsg.), *Lebenswirklichkeit und Wissenschaft* (S. 60-65). Tübingen: DIFF.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (1994). Konzepte zur visuellen Perzeption: Schülervorstellungen zum Sehen. In Bayrhuber et al. (Hrsg.), *Interdisziplinäre Themenbereiche und Projekte im Biologieunterricht* (S. 246-250). Kiel: IPN an der Universität Kiel.
- Gropengießer, H. (1997a). Didaktische Rekonstruktion des »Sehens«. Oldenburg: ZpB.
- Gropengießer, H. (1997b). Schülervorstellungen zum Sehen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3 (1), 71-87.
- Heimann, P., Otto, G. & Schulz, W. (1969). *Unterricht, Analyse und Planung*. Hannover: Schroedel.
- Hennessy, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: Implications for classroom learning. *Studies in Science Education* 22, 1-41.
- Hewson, P. W. & Hewson, M. G. (1992). The status of students' conceptions. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. (pp. 59-73). Kiel: IPN an der Universität Kiel.
- Hilge, C. (im Druck). Vorstellungen zu Mikroorganismen und mikrobiellen Prozessen - eine Untersuchung im Rahmen des Projektes zur Didaktischen Rekonstruktion. In H. Bayrhuber et al. (Hrsg.), *Biologie und Bildung*. Kiel: IPN
- Jung, W. (1984). Fachliche Zulässigkeit aus didaktischer Sicht. In J. Kahlke & F.M. Kath, (Hrsg.), *Didaktische Reduktion und methodische Transformation*. Quellenband (S. 17-24). Alsbach: Leuchtturm.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie* 34 (April), 2-6.
- Jung, W. (1987). Understanding students' understanding: The case of elementary optics. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the 2. Int. Seminar „Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics“* (Vol. III pp. 268-277). Ithaca: Cornell University.
- Jung, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Naturwissenschaftsdidaktiker. In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften* (S. 86-108). Kiel: IPN an der Universität Kiel.
- Jung, W. (1997). Konstruktivismus, Physikalismus und Phänomenologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3 (2), 3-14.
- Kahlke, J. & Kath, F. M. (Hrsg.) (1984). *Didaktische Reduktion und methodische Transformation*. Quellenband. Alsbach: Leuchtturm.
- Kattmann, U. & Gropengießer, H. (1996). Modellierung der didaktischen Rekonstruktion. In: Duit, R. & Rhöneck, C. von (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 180-204). Kiel: IPN an der Universität Kiel.
- Kattmann, U. (1992). Originalarbeiten als Quellen didaktischer Rekonstruktion. *Unterricht Biologie* 16 (174), 46-49.
- Kattmann, U. (1993). Das Lernen von Namen, Begriffen und Konzepten - Grundlagen biologischer Terminologie am Beispiel „Zellenlehre“. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 46 (4), 275-285.
- Kattmann, U. (1994). Wozu Biologiedidaktik? Möglichkeiten einer praktischen Wissenschaft. In U. Kattmann (Hrsg.), *Biologiedidaktik in der Praxis* (S. 9-23). Köln: Aulis.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1995). A model of educational reconstruction. Paper presented at the 1995 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), April 22-25, San Francisco, California.
- Klafki, W. (1963). Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung. Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1969). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In H. Roth & A. Blumental (Hrsg.), *Auswahl, Didaktische Analyse* (S. 5-34). Hannover: Schroedel.
- Klafki, W. (1970). Der Begriff Didaktik und der Satz vom Primat der Didaktik im Verhältnis zur Methodik. In W. Klafki et al., (Hrsg.), *Funkkolleg Erziehungswissenschaften* (S. 55 ff). Frankfurt/Main: Fischer.
- Klafki, W., Otto, G. & Schulz, W. (1977). *Didaktik und Praxis*. Weinheim: Beltz.
- Knorr-Cetina, K. (1981). *The manufacturing of knowledge: An essay on the constructivist and contextual nature of science*. New York: Pergamon Press.

- Lamnek, S. (1989). *Qualitative Sozialforschung. Methoden und Techniken* (Band 2). München: Psychologie Verlags Union.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, NY: Cambridge University Press.
- Lijnse, P. L. (1995). „Developmental Research“ as a way to an empirically based „Didactical Structure“ of science. *Science Education* 79 (2), 189-199.
- Linder, C.J. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education* 77, 293-300.
- Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1995). *Situierendes Lernen in multimedialen Lernumgebungen*. Forschungsbericht 50. München: Universität München, Institut für Pädagogische Psychologie und empirische Pädagogik.
- Marton, F. (1986). Phenomenography - a research approach to investigate different understandings of reality. *Journal of Thought* 21 (3), 28-49.
- Matthews, M. (1992). Constructivism and empiricism: An uncomplete divorce. *Research in Science Education* 22, 299-307.
- Mayring, P. (1990). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. München: Psychologie Verlags Union.
- Minstrel, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 110-128). Kiel: IPN an der Universität Kiel.
- O'Laughlin (1992). Rethinking science education: beyond Piagetian constructivism toward a sociocultural model of teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching* 29, 791-820.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research* 63, 167-199.
- Roth, G. (1994). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry laboratories*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Roth, W.-M. (1996). Situated cognition. In R. Duit & Ch. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* (pp. 163-179). Kiel: IPN an der Universität Kiel.
- Smith, J. P., diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1992). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences* 3, 115-163.
- Stadler, H. & Duit, R. (1997). Teaching and learning chaos theory - Case studies on students' learning pathways. Paper presented within the Poster Workshop „Studies on Educational Reconstruction of Chaos Theory“ at the ESERA (European Science Education Research Association) Conference in Rome.
- Stawinski, W. (1993). *Problemy dydaktycznej transformacji wiedzy biologicznej*. Uniwersitet Gdanski: Zeszyty Naukowe - Biologia 10, 163-180.
- Stork, H. (1995). Was bedeuten die aktuellen Forderungen „Schülervorstellungen berücksichtigen, 'konstruktivistisch' lehren!“ für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 1, (1) 15-28.
- Suchting, W.A. (1992). Constructivism deconstructed. *Science & Education* 1 (3), 223-254.
- Vosniadou, S. (1996). Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction. *Learning and Instruction* 6, 95-109.
- Wagenschein, M. (1965). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.
- Weinberg, J. (1984). Didaktische Reduktion und Rekonstruktion. In J. Kahlke & F. Kath (Hrsg.), *Didaktische Reduktion und methodische Transformation* (S. 217-247). Alsbach: Leuchtturm.
- Wiesner, H. (1995). Physikunterricht - an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. *Unterrichtswissenschaften* 23, 127-145.

Dr. Ulrich Kattmann ist Professor für Didaktik der Biologie, Dr. Harald Gropengießer wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Oldenburg.

Dr. Reinders Duit ist Professor für Didaktik der Physik, Dr. Michael Komorek wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPN.

Prof. Dr. Ulrich Kattmann  
Universität Oldenburg  
FB 7 Biologie  
Postfach 203  
26111 Oldenburg