

Kornelia Möller

## **Handlungsorientierung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht mit dem Ziel, den Aufbau von Wissen zu unterstützen**

### **1. Ein Beispiel: Handlungsorientierung – Praktizistisch interpretiert**

Schülerinnen und Schüler schneiden mit einer Schere verschiedene Flugzeugtypen aus, kleben sie auf ein Arbeitsblatt und beschriften sie mit der richtigen Bezeichnung. An anderen Lernstationen bauen sie Flugzeuge aus Papier und lesen eine Geschichte über Ikarus sowie eine Erklärung über das Entstehen des Auftriebs an Flugzeugflügeln. Gegenstand der offenen Lernwerkstatt ist das Thema »Fliegen« – ein kognitiv recht anspruchsvolles Thema aus dem Sachunterricht. In der Lernwerkstatt wurde das Thema handlungsorientiert und schülerorientiert aufgearbeitet: Die Schüler sind aktiv, sie arbeiten »ganzheitlich« mit Kopf, Herz und Hand und dürfen sich die Reihenfolge der Arbeiten an den Stationen frei wählen.

Bei dem hier geschilderten Beispiel handelt es sich sicher nicht um einen Einzelfall. Allzu häufig wird Handlungsorientierung im Sachunterricht auf praktische Handlungen reduziert, die das einseitig kognitive Lernen auflockern sollen. Das Ausschneiden und Basteln soll Schülerinnen und Schüler, vor allem in den ersten Schuljahren, motivieren und ganzheitlich fördern. Auch das kognitive Lernen möchten Lehrkräfte auf diese Weise fördern. Schaut man sich aber die Gestaltung solcher Lernwerkstätten genauer an, so wird deutlich, dass praktische Tätigkeiten häufig von kognitiven Prozessen isoliert dargeboten werden. Im beschriebenen Beispiel wird die Information über den Auftrieb den Schülerinnen und Schülern in einem Text mit entsprechenden Grafiken dargeboten, im Prinzip nicht anders als in einem traditionellen, informierend-belehrenden Unterricht. Handlungen und Wissensvermittlung stehen deshalb in einem lediglich additiven Verhältnis. Die Hoffnung, Schüler könnten *aufgrund* der vorgenommenen Handlungen ein tieferes Verständnis des Auftriebs erreichen, ist unbegründet: Die Handlungsorientierung bleibt hier auf eine nicht-kognitive Ebene beschränkt.

### **2. Ein Gegenbeispiel: Handlungen unterstützen Denkprozesse**

Eine in diesem Sinn missverstandene Handlungsorientierung hat inzwischen dazu geführt, einen handlungsintensiven Unterricht pauschal in Frage zu stellen. Diese Entwicklung ist ebenfalls problematisch, da Grundschulkinder in vielen Bereichen auf Handlungen angewiesen sind, wenn es um den Aufbau von Wissen geht. Auch hierzu ein Beispiel:

Maria, eine Schülerin der dritten Klasse, knetet mit viel Mühe eine Kugel, in die sie zwei Muttern hineingelegt hat. Sorgsam achtet sie darauf, dass in der Kugel ein Hohlraum entsteht und dass die Kugel ganz verschlossen ist. Ihre Mitschüler kneten offene Hohlformen; sie probieren aus, wie viele Muttern ihre Hohlform im Wasser tragen kann. Maria kümmert sich nicht um die Boote, die ihre Mitschülerinnen und Mitschüler formen; sie ist nur mit ihrer Kugel beschäftigt. Endlich ist sie fertig; sie legt die Kugel in das Wasser – und erschrickt! Ihre Kugel geht unter! Ich stehe (zufällig) daneben und frage nach: »Warum hast du deine Knete so geformt?« Sie antwortet: »Weil da Luft drin sein muss, sonst kann die Knete nicht schwimmen, das hat meine Mutter mir gesagt und die ist doch nicht dumm!« Maria ist enttäuscht, sie verändert die Kugel, probiert es noch einmal, die Kugel ist zu dickwandig, sie geht wieder unter.

Maria versucht, in ihrer Kugel die Luft einzufangen. Sie hat die Äußerung ihrer Mutter so interpretiert, dass die Luft im Inneren der Kugel eingeschlossen sein muss, damit ein Gegenstand nicht untergeht. Erst als sie beobachtet hat, dass diese Vorstellung nicht stimmt, beginnt sie mit dem Kneten einer Bootsform. In einer Befragung nach dem Unterricht, mehrere Monate später, sagt sie (auf die Frage, warum ein Schiff aus Eisen nicht untergeht): »Luft ist doch nicht dran schuld, das Wasser drückt nach oben und das Gewicht zieht nach unten und das Wasser gewinnt.«

Die Szene stammt aus einem Unterricht zum Thema »Schwimmen und Sinken«, über den wir an anderen Stellen bereits berichtet haben (Möller 1999; Jonen et al. 2003). Kinder kommen in der Regel mit vielen Vorstellungen in den Unterricht hinein. Auch die Frage: Wie kommt es, dass ein Schiff nicht untergeht?, löst viele Vermutungen aus. Neben Medien und Aussagen von Erwachsenen können auch Alltags erfahrungen diese Vorstellungen beeinflussen: Zum Beispiel erleben Kinder immer wieder, dass beim Schwimmen die Luft in der Luftmatratze, im Schwimmring, in Schwimmflügeln und in Wasserspieltieren sehr hilfreich ist. Dass die Luft benutzt wird, um mit wenig Masse eine große Verdrängung und damit eine große Auftriebskraft im Wasser zu erzeugen, dass die Luft also eine Verringerung der mittleren Dichte des Gegenstandes bewirkt, ist in der Regel nicht bewusst.

Das Luftkonzept beim Schwimmen und Sinken gehört zu den durch Alltagserfahrungen und durch umgangssprachliche Erklärungen fest verwurzelten Vorstellungen. Ignoriert der Unterricht diese Vorstellungen, so lernen die Kinder zwar eine Erklärung für das Schwimmen und Sinken, halten aber häufig dennoch an ihrer ursprünglichen Vorstellung fest. Es entstehen dann entweder Hybridvorstellungen, wobei verschiedene Konzepte nebeneinander bestehen bleiben und je nach Situation aktiviert werden, oder die vorhandenen Vorstellungen werden durch Verknüpfungen in eine neue Vorstellung überführt, um inhaltliche Widersprüche zu vermeiden. Das Erlernen wissenschaftlich haltbarer Erklärungen wird durch das Festhalten an bewährten Alltagsvorstellungen häufig erschwert.

Die beschriebene Unterrichtssituation gab den Kindern die Möglichkeit, durch probierendes Handeln ihre Vorstellungen zu überprüfen. Marias Luftkonzept konnte nur erschüttert werden, weil Maria die Möglichkeit hatte, ihre für sie plausible Vorstellung im Handeln zu realisieren und zu überprüfen. Ohne die Möglichkeit des

Ausprobierens hätte Maria sich vermutlich nicht so bewusst und beharrlich mit ihrer vorhandenen Vorstellung auseinander gesetzt. Die Materialisierung ermöglicht eine Überprüfung und letztlich auch eine Korrektur der Vorstellung: Im Handeln werden also vorhandene Vorstellungen auf ihre Tragfähigkeit hin überprüft und ggf. verworfen, differenziert oder auch bestätigt.

Handlungen, wie die hier geschilderte, sind nicht unbedingt in größere Projekte eingebunden; sie werden auch nicht mit dem Ziel, ein Handlungsprodukt am Ende eines Unterrichtsprojektes herzustellen, durchgeführt. Handlungen sind hier vielmehr ein Mittel zum Zweck: Sie verfolgen das Ziel, den Aufbau von Wissen und Verstehensprozesse zu begünstigen. Das genannte Beispiel verweist auf einen engen Zusammenhang zwischen Denkprozessen und dem Entwerfen, Durchführen und Auswerten von Handlungen. Erst im Zusammenhang mit Denkprozessen gewinnt das Handeln Bedeutung; es unterstützt den Aufbau von kognitiven Strukturen und hat eine kognitiv-konstruktive Funktion. Die kognitiv-konstruktive Funktion des Handelns ist Gegenstand dieses Beitrags.

### **3. Lernen von Naturwissenschaften heißt: Vorhandene Vorstellungen überprüfen und verändern**

In neueren Theorien des Wissenserwerbs werden Lernprozesse als aktive, konstruktive, selbst gesteuerte, kooperative und situierte Prozesse beschrieben (Gerstenmaier/Mandl 1995). Im Einzelnen ist damit Folgendes gemeint:

Lernen setzt grundsätzlich die innere Aktivität des Lernenden voraus. Ohne aktive Beteiligung des Lerners ist kein Aufbau von Wissen möglich; deshalb sollten Lernende möglichst motiviert sein und Interesse am Lerngegenstand entwickeln.

Der Begriff *konstruktiv* betont, dass Lernende mit Hilfe ihrer vorhandenen geistigen Strukturen neues Wissen aufbauen bzw. vorhandenes Wissen differenzieren oder umstrukturieren. Lernende sind keine »empty vessels« – das bereits vorhandene Vorverständnis beeinflusst, was gelernt wird. Die Konstruktion von Wissen muss dabei vom Lernenden selbst durchgeführt werden; eine »direct instruction«, d.h. eine Vermittlung von Wissen im Sinne einer »Transmission«, ist nicht möglich.

Da jeder Lernende sein Wissen auf der Basis vorhandener Strukturen selbst aufbauen muss, ist Lernen immer *selbst gesteuert*. Das bedeutet nicht, dass Lehrende Lernprozesse nicht beeinflussen können; Lehrende stellen Lerngelegenheiten her, was aber Lernende in ihren Köpfen mit diesen Lerngelegenheiten machen, ist von außen nicht direkt steuerbar.

Wissenserwerbsprozesse erfolgen in der Regel in sozialen Zusammenhängen; sie können durch *kooperative* Prozesse, z.B. durch Kooperationen zwischen den Schülern, aber auch durch Interaktionen zwischen Lehrkräften und Schülern wie auch durch Interaktionen mit der Umwelt angeregt werden.

Sie werden als *situierte* Prozesse verstanden, was bedeutet, dass Wissen, das in einer bestimmten Situation aufgebaut wurde, nicht ohne weiteres auch in anderen Situa-

tionen angewendet werden kann. Hieraus wird gefolgt, dass Unterricht Anwendungskontexte berücksichtigen sollte, um die Möglichkeit zu bieten, Wissen bereits in diesen Anwendungskontexten anzueignen. Nur so lässt sich trüges Wissen vermeiden (Renkl 1996).

Ein solches Verständnis vom Lernen nimmt u.a. Piagets Theorie der Äquilibrium auf und wird in der gegenwärtigen Diskussion als konstruktivistisch orientiertes Lernverständnis bezeichnet. Innerhalb der Schulpädagogik und in den Fachdidaktiken wird dieses Lernverständnis häufig als Grundlage für die Gestaltung von Lehr-Lern-Umgebungen herangezogen. So genannte konstruktivistisch orientierte Lehr-Lern-Umgebungen wurden z.B. von Dubs (1997), Duit (1995), Vosniadou et al. (2001) und unserer Münsteraner Arbeitsgruppe (Möller 2001; Möller et al. 2002) entwickelt.

Weltweit ausgearbeitet und durch Forschungen belegt wurde dieser Ansatz im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens. Lernschwierigkeiten, die Schülerinnen und Schüler, aber auch Erwachsene mit dem Lernen von Naturwissenschaften haben, waren der Anlass für diese Forschungen: Naturwissenschaftliche und technische Phänomene regen Kinder oft spontan zur Bildung von Erklärungen an. Viele dieser intuitiven Vorstellungen sind aber inadäquat oder unvollständig; sie widersprechen wissenschaftlichen Konzepten und behindern nicht selten das Erlernen der fachwissenschaftlichen Sichtweisen. So haben bereits achtjährige Kinder explizite Vorstellungen davon, warum z.B. manche Dinge im Wasser schwimmen bzw. nicht schwimmen. Entscheidend seien z.B. das Gewicht oder die Form eines Gegenstandes oder die aktive Rolle der Luft, wie in dem oben beschriebenen Beispiel deutlich wurde. Diese Vorstellungen sind aber häufig inkompatibel mit wissenschaftlichen Konzepten der Naturwissenschaften, mit denen die Kinder jedoch gegenwärtig oft erst in der achten Klasse konfrontiert werden. Bis dahin haben sich die intuitiven Vorstellungen durch (scheinbare) Bestätigung im Alltag häufig so stark verfestigt, dass sie nur ungern aufgegeben werden.

Ziel sollte daher sein, bereits Grundschulkinder bei der Prüfung der Belastbarkeit bestehender intuitiver Vorstellungen und beim Aufbau von alternativen, adäquateren Vorstellungen zu unterstützen. Selbst wenn Schüler ihre intuitiven Vorstellungen nicht ganz aufgeben und das Niveau der wissenschaftlichen Erklärungen noch nicht erreichen können, sollten sie bereits zu einem frühen Zeitpunkt ihr Vorwissen in Frage stellen und neues Wissen aufbauen bzw. vorhandenes Wissen erweitern oder differenzieren. Ein späterer Ausbau von Konzepten kann dann an den im Grundschulalter entwickelten Vorstellungen anknüpfen.

Ergebnisse aus Forschungen zu Vorstellungen von Schülerinnen und Schüler zeigen, dass nicht nur Kinder, sondern auch Erwachsene Wissen nur sehr zögerlich revidieren oder aufgeben und über einen langen Zeitraum mehrere nicht miteinander zu vereinbarende Erklärungsmuster tolerieren, ohne sich durch Widersprüche stören zu lassen. Bewährte Alltagsvorstellungen behaupten sich z.B. auch neben dem erlernten schulischen Wissen. In Anwendungssituationen wird häufig nicht das erworbene schulische Wissen benutzt, sondern auf das bewährte Alltagswissen zurückgegriffen. Eine direkt instruktive, schnelle Vermittlung adäquaterer Konzepte, verbunden mit

»richtigen« Erklärungen, birgt die Gefahr, dass das erlernte Wissen träge bleibt, also in Anwendungssituationen nicht aktualisiert wird.

Um anwendungsbereites und integriertes, d.h. widerspruchsfreies Wissen aufzubauen, müssen Schüler aktiv und aufgrund eigener Denkprozesse bisherige Konzepte in Frage stellen, anhand von Erfahrungen überprüfen, alte Ideen verwerfen und neue Ideen entwickeln, diese wiederum überprüfen, in verschiedenen Situationen anwenden und in ihrer eigenen Sprache repräsentieren. Den gemeinsamen Lern- und Denkprozessen in der Lerngruppe kommt hierbei eine wichtige Bedeutung zu.

#### **4. Den Aufbau angemessenerer Vorstellungen durch Handlungen unterstützen**

Wie können wir Kindern helfen, vorhandene und teilweise tief verwurzelte, inadäquate Präkonzepte aufzugeben und durch angemessener Konzepte zu ersetzen?

Damit Lernende vorhandene Konzepte verändern, müssen verschiedene Bedingungen erfüllt sein. Posner et al. formulieren vier kognitive Bedingungen: »a) der Schüler muss mit den bisherigen Vorstellungen unzufrieden sein; b) die neue Vorstellung muss den Schülern verständlich, c) sie muss ihnen von Anfang an plausibel und d) sie muss in ihrer Anwendung fruchtbar sein.« (Häußler et al. 1998, S. 432) Bekannt wurden diese Bedingungen als »kalte« Konzeptwechseltheorien, da motivationale Faktoren nicht explizit genannt wurden. Diese kalten Theorien wurden später erweitert: »Heiße« Theorien zum Konzeptwechsel betonen darüber hinaus die Bedeutung der Motivation, des sozialen Status und der Randbedingungen, wozu auch die materielle Umgebung gehört.

Welche Aufgabe haben nun Handlungen im Zusammenhang mit Konzeptveränderungen? Im Folgenden wird dargestellt, in welcher Weise Handlungen den Aufbau angemessenerer Vorstellungen unterstützen können.

##### **4.1 Handlungen unterstützen die Erkenntnis, dass Konzepte Grenzen haben (erste Konzeptwechselbedingung)**

Damit Kinder die Grenzen ihrer in den Unterricht mitgebrachten Konzepte erkennen können, müssen die vorhandenen Konzepte überprüft werden. Ob die Vorstellung, alles Schwere geht unter, wirklich stimmt, überprüfen die Kinder, indem sie schwere Vollkörper, wie z.B. einen dicken Holzklotz, in das Wasser legen. Allzu schnell sind an dieser Stelle Lehrkräfte versucht, den fälligen Abstraktionsschritt zu machen: Es liegt also am Material. Aber dieser Schritt muss von den Kindern selbst vollzogen werden! Weitere Gegenstände müssen überprüft werden: die kleine Nadelspitze aus Eisen wie auch der Knopf mit Löchern, der wegen seiner Löcher untergehen könnte. Handlungen in immer wieder neuen Situationen und mit anderen Gegenständen helfen, die vorhandenen Konzepte gründlich zu überprüfen und ihre Belastbarkeit sichtbar zu

machen. Nun erst werden die Kinder allmählich wirklich unzufrieden mit ihrer vorhandenen Vorstellung und formulieren: Es liegt nicht an der Größe, es liegt nicht am Gewicht, es liegt nicht an der Form. Jetzt sind die Schülerinnen und Schüler auch zu einem Wechsel ihres Konzeptes bereit. Die Vermutung, es liege an dem, woraus die Gegenstände sind, also aus welchem Material sie sind, entsteht; auch diese wird noch einmal mit verschiedensten Gegenständen überprüft.

#### *4.2 Handlungen tragen dazu bei, neue Konzepte verständlich zu machen (zweite Konzeptwechselbedingung)*

Die Unzufriedenheit mit den alten Konzepten reicht nicht aus, um Umstrukturierungen auszulösen. Die zweite Bedingung besagt, dass die »neuen« Konzepte verständlich sein müssen. Wie kann Verständlichkeit erreicht werden? Das neue Konzept, in unserem Beispiel das Dichtekonzept, muss durch geeignete Experimente erfahrbar und einsichtig gemacht werden. Schüler müssen z.B. verstehen können, dass alle Vollkörper aus Metall, egal wie flach, wie dünn, wie klein, untergehen. Es muss also an der Eigenschaft des Materials liegen; Eisen z.B. ist immer schwerer als gleich viel Wasser. Alles was schwerer ist als gleich viel Wasser sinkt! Damit die Kinder dieses wirklich verstehen, wiegen sie Würfel gleicher Größe und vergleichen die Gewichte mit einem Wasserwürfel von gleicher Größe, den sie mit Hilfe einer Form wiegen. Handelnd erfassen die Kinder hier die unterschiedliche Masse von Gegenständen gleichen Volumens, handelnd ermitteln sie die Masse einer gleichen Menge Wasser, handelnd sortieren sie die sog. Einheitswürfel nach schwimmenden und sinkenden Würfeln und vergleichen ihr Gewicht mit dem Gewicht der gleichen Menge Wasser. Auf diese Handlungen stützt sich ihr Denken, wenn sie später in einer geistigen Operation schließen und formulieren: Ein Schiff schwimmt, weil es leichter ist als gleich viel Wasser. In diesem Prozess kommt der Handlung nicht eine überprüfende, sondern eine aufbauende Funktion zu.

#### *4.3 Mit Hilfe von Handlungen lassen sich neue Konzepte als glaubwürdig erleben (dritte Konzeptwechselbedingung)*

Die dritte Konzeptwechselbedingung wird häufig vernachlässigt. Sie besagt, dass das neue Konzept von den Lernenden als wirklich überzeugend erkannt werden muss. Selbst viele Erwachsene können nicht wirklich glauben, dass z.B. ein riesiges mit Fahrzeugen beladenes Fährschiff bei der geringen Wassermenge, die es verdrängt, nicht untergeht. Das Konzept des Auftriebs wird zwar für Erwachsene verständlich, wenn wir es mit Hilfe von Formeln über den Schweredruck des Wassers ableiten; die ungeheure Wirkung der Auftriebskraft des Wassers können wir uns aber nur schwer vorstellen. Kindern, so vermuten wir, fällt dieses Überzeugtsein von der Existenz einer nach oben gerichteten Kraft im Wasser noch schwerer, da sie das Wasser – wenn sie noch nicht sicher schwimmen können – in der Regel als etwas Bedrohliches erleben.

Wir brauchen also überzeugende Erfahrungen, die jeden Zweifel vertreiben! Eindrückliche, intensive Erfahrungen am eigenen Körper sind hierbei besonders hilfreich. In unserem Unterricht bot sich eine solch überzeugende Situation im Schwimmbad: Die Kinder spürten beim Herunterdrücken eines großen Bottichs die ungeheure Kraft des Wassers; sie war so groß, dass sich die Schüler selbst in den Bottich setzen konnten, ohne unterzugehen. Auch den Versuch mit einem Plastikhandschuh, der ins Wasser getaucht wurde, empfanden die Kinder als überzeugend, da sie spüren konnten, wie der Druck des Wassers von allen Seiten auf die eingetauchte Hand einwirkt. Dass auch ein Baumstamm, der im Schwimmbad in das Wasser geworfen wurde, schwimmt, war für viele Kinder überraschend, obwohl sie zuvor verschiedenste Vollkörper aus Holz auf ihr Schwimmverhalten in kleinen Wasserbehältern getestet hatten.

#### ***4.4 Durch Handlungen können Lernende die Fruchtbarkeit von neuen Konzepten erfahren (vierte Konzeptwechselbedingung)***

Wenn die Kinder in unserem Unterricht kleine Boote aus Knete formen, wenden sie das Konzept des Verdrängens von Wasser an. Eine Form, die bei gleicher Masse »mehr Platz im Wasser braucht«, kann mehr Gewichtsstücke laden als eine Form, die weniger Platz braucht. Im Handeln erfahren die Kinder, dass ihr entwickeltes Konzept sich in der Anwendung bewährt. Es lohnt sich also, dieses Konzept beizubehalten. Die Fruchtbarkeit erweist sich auch, wenn Kinder Situationen aus ihrer Lebenswelt mit Hilfe des erarbeiteten Konzeptes verstehen können, d.h. wenn sich die erarbeiteten Konzepte eignen, Handlungsabläufe und Geschehnisse, wie z.B. das Aufsteigen eines schwimmenden Menschen im Wasser beim starken Einatmen, deuten zu können.

#### ***4.5 Handlungen haben eine motivierende Wirkung (»heiße Konzeptwechseltheorien«)***

Konzeptwechsel erfordern Mühe und Anstrengungsbereitschaft; die Lernenden müssen motiviert sein, diese Anstrengung auf sich zu nehmen. Handlungen üben durch die Aussicht, etwas untersuchen, erproben oder bewirken zu können, eine aktivierende Funktion aus. Die Aufmerksamkeit wird durch einen handlungsintensiven Unterricht vor allem bei jüngeren Lernenden gesteigert.

#### ***4.6 Handlungen unterstützen das individuelle Denken durch handlungsbezogene Kognitionen in der Lerngruppe (»heiße Konzeptwechseltheorien«)***

Handlungen vollziehen sich in der Regel in sozialen Gefügen. Dabei werden Erfahrungen, Vermutungen und Erkenntnisse ausgetauscht. Der Lernende setzt sich nicht

nur mit eigenen Vermutungen auseinander, sondern erwägt und prüft auch die Vermutungen der Mitlernenden. Das eigene Denken erhält dabei durch Beobachtungen und Vermutungen, die von Mitschülern geäußert werden, Impulse. Gemeinsam können die ausgetauschten Ideen in der Lerngruppe im Handeln an der Sache selbst überprüft werden. Der in der Theorie des Sozialen Konstruktivismus benutzte Begriff »shared cognition« kennzeichnet diesen Prozess treffend.

Die genannten Beispiele zeigen, dass Handlungen auf verschiedenartige Weise den Aufbau angemessener Konzepte begünstigen. In einem handlungsintensiven Unterricht haben die Lernenden die Möglichkeit, bereichsspezifisches Wissen aktiv und weitgehend selbst konstruiert zu erwerben; dieses ist eine Voraussetzung für anhaltende Konzeptveränderungen. Aufgabe der Lehr-Lern-Forschung ist es, unter Berücksichtigung von Präkonzepten der Lernenden und unter Einbezug möglicher Lernschwierigkeiten herauszufinden, welche Handlungen den Aufbau von Konzepten nachhaltig unterstützen können.

## 5. Das Repräsentieren von Handlungen in Symbolsystemen als Ziel des Unterrichts

Naturwissenschaftliches und technisches Wissen ist vorwiegend in drei Symbolsystemen repräsentiert, in der mündlichen bzw. schriftlichen Sprache, in Formelwissen und in räumlich-visuellen Darstellungen. Einen Sachverhalt oder einen Begriff verstehen heißt, ihn in möglichst verschiedenen Symbolsystemen repräsentieren und zwischen diesen Repräsentationen möglichst flexibel wechseln zu können (Stern 2003). Ist das Verständnis vorhanden, so können symbolische Repräsentationen auch die zugrunde liegenden Handlungserfahrungen ersetzen.

Eine sehr hilfreiche und leider zu wenig genutzte Repräsentationsform ist die räumliche wie auch die zeichnerische Darstellung von Zusammenhängen. Dass Grundschulkinder (vielleicht sogar besser als Erwachsene) in der Lage sind, Vorstellungen von raum-zeitlichen Beziehungen zweidimensional darzustellen, konnten wir an vielen Beispielen aus dem technischen Sachunterricht zeigen (Möller 1991; Biester 1991). Da die Zeichnung im Vergleich zur Sprache anschaulich und von Dauer ist, erleichtert sie die Repräsentation geistiger Vorstellungen und die Kommunikation hierüber in der Lerngruppe.

Auch abstrakte Beziehungen können von Grundschulkindern repräsentiert werden, wenn die entsprechenden Vorstellungen zunächst gründlich auf der Basis von Handlungen aufgebaut wurden. So entwickelten zum Beispiel Grundschulkinder in dritten Klassen unterschiedliche räumliche bzw. zeichnerische Formen zur Darstellung der »Dichte« als Verhältnis von Masse (»Gewicht«) und Volumen (»Größe«), nachdem sie Einheitswürfel aus verschiedenen Materialien gewogen und geordnet hatten. Die Kinder nutzten zum Beispiel zur Darstellung des Volumens ein Kästchen und symbolisierten die Masse des entsprechenden Einheitswürfels durch kleine Plättchen. Ein Stahlwürfel wurde so im Vergleich zu einem Holzwürfel gleicher Größe mit

wesentlich mehr Plättchen bei gleich großen Kästchen symbolisiert (Hardy et al. 2004).

Auch in der Sprache kann eine Handlung repräsentiert werden. Kinder, denen z.B. der Vorgang des Schöpfens von Papier vertraut ist, können ihre Handlungsvorstellung auch sprachlich darstellen. Aebli (1973) formuliert: Die Handlung ist vollständig verinnerlicht und kann ohne anschauliche Stützen repräsentiert werden. Der Sprache kommt die wichtige Funktion zu, die äußere Handlung in inneres, abgekürztes Handeln und in begriffliche Vorstellungen zu transformieren. Im oben beschriebenen Beispiel repräsentierten die Kinder das erworbene Wissen durch die Formulierung: Der Stahlwürfel ist für seine Größe schwerer als der Holzwürfel.

Ziel des Unterrichts ist also eine Überführung des im Handeln erworbenen Wissens in flexible Repräsentationssysteme. Ob Handlungen real ausgeführt werden müssen oder innerlich ablaufen können, ob sie zeichnerisch oder sprachlich repräsentiert abgerufen werden können, ist vom erlangten Verständnis abhängig. Bei fehlenden Vorerfahrungen muss der Unterricht Gelegenheit zum Handeln geben, um mit Hilfe der dabei gemachten Erfahrungen den Aufbau angemessener Vorstellungen zu unterstützen.

## Literatur

- Aebli, H. (1973): *Psychologische Didaktik. Didaktische Auswertung der Psychologie von Jean Piaget*. Stuttgart: Klett.
- Biester, W. (Hrsg.) (1991): *Denken über Natur und Technik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Dubs, R. (1997): Der Konstruktivismus im Unterricht. In: *Schweizer Schule* 84, Heft 6, S. 26–36.
- Duit, R. (1995): Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 41, Heft 6, S. 905–923.
- Gerstenmaier, J./Mandl, H. (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 41, Heft 6, S. 867–887.
- Häußer, P./Bündner, W./Duit, R./Gräber, W./Mayer, J. (1998): *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Hardy, I./Jonen, A./Möller, K./Stern, E. (2004): Die Integration von Repräsentationsformen in den Sachunterricht der Grundschule. In: Doll, J./Prenzel, M. (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann 2004, S. 267–283.
- Jonen, A./Möller, K./Hardy, I. (2003): Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Cech, D./Schwier, H.-J. (Hrsg.): *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 93–108.
- Möller, K. (1991): *Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht in der Grundschule. Naturwissenschaften und Unterricht – Didaktik im Gespräch*. Essen: Westarp.
- Möller, K. (1999): Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Köhnlein, W. (Hrsg.): *Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht, Band 3*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 125–191.

- Möller, K. (2001): Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In: Czerwenska, K./Nölle, K./Roßbach, H.-G. (Hrsg.) (2001): Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule. Jahrbuch Grundschulforschung 4. Opladen: Leske + Budrich, S. 16–31.
- Möller, K./Jonen, A./Hardy, I./Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, M./Doll, J. (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule: Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. 45. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik. Weinheim und Basel: Beltz, S. 176–191.
- Renkl, A. (1996): Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. In: Psychologische Rundschau 47, S. 78–92.
- Stern, E. (2003): Kompetenzerwerb in anspruchsvollen Inhaltsgebieten bei Grundschulkindern. In: Cech, D./Schwier, H.-J. (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts 13. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 37–58.
- Vosniadou, S./Ioannides, C./Dimitrakopoulou, A./Papademetriou, E. (2001): Designing learning environments to promote conceptual change in science. In: Learning and Instruction 11, Heft 4–5, S. 317–419.