

*Kornelia Möller*

## **Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte**

### **1 Ein Beispiel**

Maria, eine Schülerin der dritten Klasse, knetet mit viel Mühe eine Kugel, in die sie zwei eiserne 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 die 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 2002, Jonen u.a. 2003). Kinder kommen in der Regel mit vielen Vorstellungen in den

Unterricht. Auch die Frage: Wie kommt es, dass ein Schiff nicht untergeht? löst viele Vermutungen aus. Neben Medien und Aussagen von Erwachsenen können auch Alltagserfahrungen diese Vorstellungen beeinflussen: Zum Beispiel erleben Kinder immer wieder, dass beim Schwimmen die Luft in der Luftmatratze, beim Schwimmring, bei Schwimmflügeln und 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.<sup>1</sup> 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. Hierzu trug wesentlich die offene Problemstellung bei. 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 auseinandergesetzt. 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;<sup>2</sup> 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, Verstehensprozesse zu begünstigen. Das genannte Beispiel verweist auf einen engen Zusam-

---

<sup>1</sup> Vosniadou und Brewer (1992) haben auf intelligente Umdeutungen von Kindern zur Kugelgestalt der Erde aufmerksam gemacht.

<sup>2</sup> In vielen Veröffentlichungen wird ein handlungsorientierter Unterricht mit einem projektorientierten Unterricht gleichgesetzt. (Bönsch 1991, Gudjons 1992)

menhang zwischen Denkprozessen und dem Entwerfen, Durchführen und Auswerten von Handlungen. Erst im Zusammenhang mit Denkprozessen gewinnt das Handeln an Bedeutung; es unterstützt den Aufbau von kognitiven Strukturen und hat eine kognitiv-konstruktive Funktion. Diese kognitiv-konstruktive Funktion des Handelns ist Gegenstand meines Beitrags.<sup>3</sup>

## 2 Handlungen als Grundlage des Denkens

Der kognitionspsychologische Zusammenhang zwischen Handeln und Denken wird in verschiedenen theoretischen Zusammenhängen thematisiert. Piaget kommt das Verdienst zu, auf die grundlegende Bedeutung des Handelns für das sich entwickelnde Denken aufmerksam gemacht zu haben. Auch wenn die Stadientheorie Piagets aufgrund einer Vielzahl neuerer Untersuchungen nicht mehr aufrecht zu erhalten ist, bleibt m.E. die Grundaussage der Theorie Piagets zur geistigen Entwicklung des Kindes unangetastet. (Siegler 2001)

Die kognitive Entwicklung des Kindes führt nach Piaget zu immer flexibler werdenden geistigen Operationen, wobei das Denken zunehmend von konkreten Handlungen unabhängiger und abstrakter wird. Kinder im Grundschulalter denken nach Piaget vorwiegend konkret-operational. Das heißt: Das Kind ist zwar schon in der Lage, Handlungen in der Vorstellung zu vollziehen, muss dabei aber sein Denken auf konkrete Objekte bzw. Beziehungen stützen können. Anspruchsvolle geistige Operationen gelingen besser, so zeigte Piaget in vielen Untersuchungen, wenn die Gegenstände, auf die sich die geistigen Operationen beziehen, anwesend sind oder wenn konkrete Vorstellungen vorhanden sind. Aebli führte Piagets Untersuchungen weiter (Aebli 1973). Er konnte in vielen Experimenten zeigen, dass genaue und konkrete Vorstellungen das Ausführen anspruchsvoller geistiger Operationen unterstützen. Konkrete Gegenstände und Handlungen übernehmen – nach Piaget und Aebli – eine Stützfunktion für geistige Operationen; sie ermöglichen genauere geistige Repräsentationen und erleichtern dadurch das Herstellen von gedanklichen Beziehungen zwischen den repräsentierten Elementen. In Aeblis Theorie der Verinnerlichung wird der Zusammenhang zwischen Denken und Handeln noch weiter ausgear-

---

<sup>3</sup> Um Missverständnisse zu vermeiden: Das Handeln hat darüber hinaus noch weitere wichtige Funktionen, wie z.B. eine demokratisierende, eine motivationspsychologische, eine persönlichkeitsfördernde Funktion. (Möller/Tenberge 1997, S. 140 ff.)

beitet: Denkstrukturen entwickeln sich auf der Basis äußerer Handlungen, die durch Versprachlichung in innere Handlungen überführt werden.<sup>4</sup>

In seinem letzten großen Alterswerk (Aebli 1980, 1981) beschreibt Aebli das *Denken als Ordnen des Tuns*: Im Handeln stellen wir Beziehungen zwischen den Objekten der Handlung und den Handlungsteilnehmern her; das Handeln besteht dabei aus Teilhandlungen mit einem Gesamtablauf, der auf ein Ziel gerichtet ist. Analysiert man das Denken in seinem Prozess, so zeigt sich die gleiche Struktur wie beim Handeln: Das Denken stellt wie das Handeln Beziehungen zwischen den Elementen her. Auch geistige Operationen und Begriffe werden also konstruktiv durch das Verknüpfen von Beziehungen zwischen Elementen unserer Vorstellung aufgebaut. Für Aebli ist das Tun der Quellbereich, aus dem sich Handlungsschemata, Operationen und Begriffe entwickeln. Für die Entwicklung des Denkens ist das Handeln unabdingbar.

### 3 Zur Rezeption kognitiv-konstruktiv ausgerichteter Handlungstheorien

Piagets Theorie der geistigen Entwicklung ist inzwischen durch gut belegte Einwände gegen die Einteilung in kognitive Entwicklungsstadien so stark angegriffen, dass diese Kritik häufig auf das Gesamtwerk von Piaget ausgedehnt wird. Damit gerieten auch Piagets Grundgedanken zur Bedeutung des Handelns für die Entwicklung des Denkens ins Abseits. Durch den frühen Tod von Hans Aebli wurde die Weiterentwicklung der Gedanken Piagets zu einer pädagogisch relevanten Handlungstheorie abgebrochen. Die gegenwärtige kognitive Psychologie wie auch die Pädagogische Psychologie nahmen die handlungstheoretischen Gedanken von Piaget und Aebli nur am Rande auf. Auch die auf der Basis materialistischer Ansätze entwickelten Handlungstheorien aus der ehemaligen Sowjetunion von Galperin (1980), Leontjew (1973) u.a. gerieten in Vergessenheit. Hier hat vermutlich die Ideologisierung und Funktionalisierung des Handelns zu einem weitgehenden Abbruch der Diskussion geführt.

Die Abwendung von handlungsbezogenen kognitiven Theorien wird zudem durch neuere Erkenntnisse aus der Entwicklungspsychologie unterstützt: Diese verweisen auf die Fähigkeit des Grundschulkindes, abstrakt zu denken. Entsprechende Ansätze distanzieren sich von Piagets Einstufung des Denkens von

---

<sup>4</sup> Aebli's Verinnerlichungstheorie steht, vom Prinzip her betrachtet, der geistigen Aneignungstheorie von Galperin, der materialistischen Theorie der Interiorisierung, sehr nahe; allerdings sind die wissenschaftstheoretischen Grundlagen höchst verschieden.

Kindern als „konkret-operational“ und damit auch von der Bedeutung handelnden Lernens (Sodian 1995, Stern 2002). Setzt man sich allerdings intensiver mit Vertretern dieser These auseinander, so wird deutlich, dass es nicht um eine generelle Ablehnung handlungsintensiver Lernformen geht. Vielmehr soll darauf aufmerksam gemacht werden, dass sich die Denkfähigkeiten von Grundschulkindern nicht auf einen lebensweltlich orientierten, handelnden Umgang mit Sachverhalten beschränken müssen und dass Grundschul Kinder sehr wohl zu anspruchsvollen kognitiven Leistungen bis hin zu abstrakten Denkformen in der Lage sind, wenn entsprechendes, z.B. im Handeln erworbenes, bereichsspezifisches Wissen vorhanden ist.

In der Schulpädagogik und in der Schulpraxis fanden die Grundgedanken zur Bedeutung des Handelns vor allem in den achtziger und neunziger Jahren breite Beachtung. Begründet wurde ein entsprechender Unterricht allerdings nicht mit dem Verweis auf die kognitiv-strukturelle Bedeutung des Handelns, sondern mit dem Ziel, Handlungsfähigkeit zu vermitteln und schulisches Lernen um konkrete, schülerorientierte und lebensnahe Themen zu erweitern. Schulpädagogische Theorien zur Handlungsorientierung beziehen zwar kognitionspsychologische Aspekte mit ein; allerdings beendet z.B. Gudjons (1992) seine Ausführungen mit dem warnenden Hinweis, dass eine kognitiv-strukturelle Ausrichtung des handlungsorientierten Lernens sehr leicht instrumentalisiert wird und für Schüler wichtige Freiräume im Handeln verschütten könne (ebd. S. 54 f.). Gudjons verleiht statt dessen seiner Handlungstheorie normative Züge, wobei er im Projektunterricht die ideale Form des handlungsorientierten Unterrichts sieht (ebd. S. 57, S. 60).

Kognitiv-konstruktive Aspekte finden sich dagegen in praxisbezogenen Anleitungen zu einer Verknüpfung von Hand- und Kopfarbeit. Der vielzitierte Ausspruch „Begreifen kommt von Greifen“ wird allerdings häufig unreflektiert als Begründung für eine Unterrichtsgestaltung angeführt, die ein Lernen mit allen Sinnen propagiert. Leider beschränkt sich das Lernen dabei mitunter auf die phänomenale Ebene, ohne dass an einem Aufbau kognitiver Strukturen gearbeitet wird. Die Kritik an derart praktizistisch ausgerichteten Unterrichtsbeispielen und an einem Handeln, das weitgehend ohne Denkprozesse auskommt, ist gewachsen (Götz 2000).

Nicht selten ist der heutige „handlungsorientierte“ Unterricht von einem kindertümelnden Praktizismus geprägt, der einem kognitiv anspruchsvollen Lernen im Grundschulalter entgegensteht. Um die Förderung kognitiven Lernens durch Handlungsprozesse als wichtige Aufgabe des Grundschulunterrichts zu begründen, soll im Folgenden auf neuere Ansätze zum Wissenserwerb zurückgegriffen werden.

## 4 Neuere Ansätze zum Wissenserwerb: Welche Funktion hat das Handeln beim Wissenserwerb?

### 4.1 Neuere Wissenserwerbstheorien

In Theorien des Wissenserwerbs werden Lernprozesse als aktive, konstruktive, selbstgesteuerte, kooperative, reflexive und situierte Prozesse beschrieben (Gerstenmaier/Mandl 1995, Möller 2001 a). Lernen setzt die *innere Aktivität* des Lernenden voraus; mit dem Begriff *Konstruktion* ist der aktive Aufbau von Wissen durch den Lernenden selbst gemeint. Die Lernprozesse werden vom Lernenden *selbst gesteuert*, eine „direct instruction“, d.h. eine einfache Weitergabe von Wissen ist nicht möglich. Wissenserwerbsprozesse erfolgen in sozialen Zusammenhängen; sie können durch *kooperative Prozesse* sowie durch *Reflexionsprozesse* und Interaktionen mit der Umwelt angeregt werden. Sie werden als *situierte Prozesse* verstanden, was bedeutet, dass Strukturen, die in einer bestimmten Situation aufgebaut wurden, nicht ohne weiteres auch in anderen Situationen angewendet werden können; der Unterricht sollte deshalb Anwendungskontexte berücksichtigen.

Ein solches Verständnis vom Lernen nimmt u.a. Piagets Theorie der Äquilibrium auf; es wird in der gegenwärtigen Diskussion als konstruktivistisch orientiertes Lernverständnis bezeichnet.<sup>5</sup> Innerhalb der Schulpädagogik und in den Fachdidaktiken wird dieses Lernverständnis als Grundlage für die Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen herangezogen. Solche konstruktivistisch orientierten Lehr-Lernumgebungen wurden z.B. von Dubs (1995, 1997), Duit (1999), Vosniadou et al. (2001) und unserer Münsteraner Arbeitsgruppe (Möller 2001b, Möller et al. 2002) entwickelt.<sup>6</sup>

Weltweit ausgearbeitet und durch Forschungen belegt wurde dieser Ansatz im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens. Lernschwierigkeiten, die 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

---

<sup>5</sup> In Abgrenzung zu erkenntnistheoretisch geprägten konstruktivistischen Ansätzen wird dieses Konzept häufig in der Literatur auch als moderat-konstruktivistisch bezeichnet. (Terhart 1999, Möller 2001a, 2002)

<sup>6</sup> vgl. ausführlicher Möller (2001a)

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 Beispiel am Anfang 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 ungerne aufgegeben werden.<sup>7</sup>

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 wissenschaftlicher 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 die im Grundschulalter entwickelten Vorstellungen anknüpfen.

Ergebnisse aus Forschungen zu Schülervorstellungen<sup>8</sup> zeigen, dass nicht nur Kinder, sondern auch Erwachsene scheinbar bewährtes Wissen nur sehr zögerlich revidieren oder aufgeben und über einen langen Zeitraum mehrere nicht miteinander vereinbare Erklärungsmuster tolerieren, ohne sich durch Widersprüche stören zu lassen. Gefestigte Alltagsvorstellungen behaupten sich z.B. auch neben dem erlernten schulischen Wissen. In Anwendungssituationen wird häufig nicht das erworbene schulische Wissen benutzt, sondern auf 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, integriertes und 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

---

<sup>7</sup> Zur Einführung in konstruktivistisch orientierte Denkansätze im Bereich der Naturwissenschaften eignen sich insbesondere Veröffentlichungen von Duit. (z.B. 1995, 1997, 1999).

<sup>8</sup> Im Folgenden wird der Begriff Präkonzepte benutzt. Zur Begrifflichkeit siehe Möller 1999.

gemeinsamen Lern- und Denkprozessen in der Lerngruppe kommt hierbei eine wichtige Bedeutung zu.<sup>9</sup>

## 4.2 Zur Veränderung vorhandener Konzepte mit Hilfe von Handlungen

Wie können wir Kindern helfen, vorhandene und teilweise tiefverwurzelte, inadäquate Präkonzepte aufzugeben und durch angemessenere 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“ Konzeptwechselltheorien, 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, der Randbedingungen, wozu auch die materiale Umgebung gehört.<sup>10</sup>

Welche Aufgabe haben nun Handlungen im Zusammenhang mit Konzeptveränderungen? Im Folgenden wird dargestellt, in welcher Weise Handlungen das Erfüllen der genannten Bedingungen für Konzeptwechsel unterstützen können.

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

Damit Kinder die Grenzen ihrer in den Unterricht mitgebrachten Konzepte erkennen können, müssen diese überprüft werden. Ob die Vorstellung, alles Schwere geht unter, wirklich stimmt, überprüfen die Kinder, indem sie schwere Vollkörper, wie z.B. einen dicken Holzklötz, in das Wasser legen. Allzu schnell ist an dieser Stelle der Lehrer versucht, den fälligen Abstraktionsschritt vorzugeben: Es liegt also am Material! Aber dieser Schritt muss von den Kindern

<sup>9</sup> Der kooperative Wissenserwerb in einer Gemeinschaft von Lernenden wird insbesondere in sozial-konstruktivistischen Ansätzen betont. (Duit/Treagust 1998)

<sup>10</sup> Der Begriff Conceptual Change wird in der Regel mit Konzeptwechsel übersetzt. In der Literatur ist man sich allerdings darüber einig, dass hiermit nicht nur echte Konzeptwechsel, sondern auch die Erweiterung bzw. die Differenzierung von Konzepten gemeint ist. Einen Überblick gibt Einsiedler (1997).



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 Grenzen ihrer 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 Schüler 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.

### **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 Wasser gleichen Volumens. Alles, was schwerer ist als gleichviel Wasser, sinkt! Damit die Kinder dieses wirklich verstehen, wiegen sie Würfel gleicher Größe aus verschiedenen Materialien und vergleichen die Massen mit einem gleich großen „Wasserwürfel“. Handelnd erfassen sie 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 Materialien und vergleichen ihre Masse mit der Masse 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 gleichviel Wasser. In diesem Prozess kommt der Handlung nicht eine überprüfende, sondern eine aufbauende Funktion zu.

### **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 (über die Hand gezogen) 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.

### **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 oder das Aufsteigen von Fischen, wenn diese ihre Schwimmblase vergrößern, deuten zu können.

### **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.<sup>11</sup>

### **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 adäquaterer 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-Lernforschung ist es, unter Berücksichtigung der Präkonzepte der Lernenden und unter Einbezug möglicher Lernschwierigkeiten herauszufinden, welche Handlungen den Aufbau von Konzepten nachhaltig unterstützen können.

## **4.3 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

---

<sup>11</sup> Der Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Handlung lässt sich auch auf physiologischer Ebene nachweisen. (Möller 1991)

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 zugrundeliegenden Handlungserfahrungen ersetzen.

Eine besonders im technischen Bereich sehr hilfreiche Repräsentationsform ist die *zeichnerische Darstellung* von Zusammenhängen. Dass Grundschul Kinder (vielleicht sogar besser als Erwachsene) in der Lage sind, Vorstellungen von raum-zeitlichen Beziehungen zweidimensional darzustellen, konnten wir an vielen Beispielen zeigen. (Möller 1991) Da die Zeichnung im Vergleich zur Sprache anschaulich und von Dauer ist, erleichtert sie die Überführung des aktional Erfassten in eine symbolische Darstellung.

Auch die *Sprache* kann eine Handlung repräsentieren. Kinder, denen z.B. der Vorgang des Schöpfens von Papier vertraut ist, können ihre Handlungsvorstellung auch sprachlich darstellen. Aebli 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.

Eine Frage drängt sich an dieser Stelle sicherlich auf: Müssen alle Konzepte mit einem doch erheblichen Aufwand mit Hilfe von Handlungen aufgebaut werden? Ob Handlungen real ausgeführt werden müssen oder innerlich ablaufen können, ob sie zeichnerisch oder sprachlich repräsentiert abgerufen werden können, ist vom bereits vorhandenen Verständnis abhängig. Bei fehlenden Vorerfahrungen muss der Unterricht Gelegenheit zum Handeln geben. Ziel des Unterrichts ist die Überführung des im Handeln Erfassten in zeichnerische und sprachliche Symbolsysteme.

## 5 Verstehen fördernde Handlungsformen im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht

Im Folgenden werden einige Handlungsformen vorgestellt, die im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht eine Basis für zeichnerische und sprachliche Repräsentationen bilden und ein Verstehen grundlegender Zusammenhänge fördern.

**Das Sammeln/ Beobachten/ Erkunden/ Entdecken** dient dem Erwerb fehlender Erfahrungen. Beispiele hierfür sind das Sammeln von Steinen und Pflanzen, das Beobachten des Verdampfens von Wasser beim Kochen, das

Erkunden der Sensenschmiede im Freilichtmuseum, das Entdecken der anziehenden Wirkung eines Magneten.

**Beim Probieren** setzen sich die Lernenden handelnd mit einer Aufgabe oder einem Problem auseinander, indem sie z.B. versuchen, eine Glühlampe mit Hilfe von Drähten und einer Batterie zum Leuchten zu bringen oder eine tragfähige Brücke aus Holzklötzen zu bauen.

**Beim Erproben** werden Handlungsobjekte auf Funktionstüchtigkeit und Tauglichkeit getestet und anschließend ggf. weiterentwickelt und verbessert. Rollt das selbstgebaute Fahrzeug weit genug, rollt es auch geradeaus? Kann das selbst entworfene und gebaute Windmessgerät tatsächlich unterschiedliche Windstärken anzeigen?

**Beim Überprüfen** wird die Belastbarkeit entwickelter Vorstellungen durch Handlungen getestet. Ob es stimmt, dass alle Dinge aus Holz schwimmen, prüfen die Kinder, indem sie verschiedene Gegenstände aus Holz, auch Brettchen mit Löchern und einen großen Baumstamm ins Wasser werfen. Ob Aluminiumpapier den Strom leitet, überprüfen die Schüler, indem sie verschiedene Materialien in einen Test-Stromkreis einbauen.

**Beim Untersuchen** haben Handlungen den Zweck, Eigenschaften und Funktionszusammenhänge zu erfassen. Schüler untersuchen das Kettengetriebe an einem Fahrrad, indem sie die Zähne am Antrieb und am Abtrieb zählen, die Umdrehungen zählen und zueinander in Beziehung setzen.

**Beim Experimentieren** dienen Handlungen der Überprüfung von Hypothesen. Ob Wasser schneller verdunstet, wenn es warm ist, finden die Schüler heraus, indem sie gleichviel und gleich warmes Wasser in zwei gleich geformten Schälchen einmal an einen warmen, das andere Mal an einen kalten Ort stellen und beobachten, wie lange es dauert, bis das Wasser verdunstet ist.

**Beim Herstellen** geht es um Handlungen, die mit dem Ziel ausgeführt werden, ein Handlungsobjekt zu erstellen. Schüler fertigen selbst Ziegel aus Lehm, stellen Papier aus Altpapier her, fertigen ein Schiffchen aus Holzresten, bauen ein Fahrzeug usw.

**Beim Konstruieren** dienen Handlungen dem Finden, Realisieren und Überprüfen technischer Problemlösungen. So realisieren Schüler in vielen entwerfenden und probierenden Schritten das Getriebe eines Hammerwerkes, einer Sägemaschine oder eines elektrischen Geschicklichkeitsspieles.

**Das Demontieren** umfasst Handlungen, die dem Analysieren von Funktionszusammenhängen dienen. Indem Schüler eine Handbohrmaschine auseinander montieren, die Zahnräder zählen und in Beziehung setzen, erfassen sie die Übersetzung.

In den bisher genannten Handlungsformen dienen Handlungen dem Zweck, den Aufbau von Wissen durch das Gewinnen von Erfahrungen im handelnden Umgang mit Objekten zu unterstützen. Handlungen können darüber hinaus auch die Funktion haben, bereits vorhandenes Wissen zu repräsentieren. Im **Demonstrieren und Darstellen** wird Wissen aktional repräsentiert. Wenn ein Schüler mit Hilfe eines Stabes vormacht, wie der Hammer von der Nocke nach oben gehoben wird, so äußert er sein Wissen mit Hilfe von Handlungen.

## 6 Verstehen fördernde Handlungsformen – dargestellt an einem Unterrichtsbeispiel aus dem naturwissenschaftlich-technischen Lernfeld: „Ohne Messen geht es nicht“

Am Beispiel des Themas „Messen und Wiegen“ (Möller 1987, Biester 1981) möchte ich darstellen, wie Handlungen den Aufbau von Wissen und das Verstehen unterstützen können.

### **Vorhandene Handlungserfahrungen im Gespräch *repräsentieren*:**

Der Unterricht beginnt mit dem Aktivieren von alltäglichen Handlungserfahrungen zum Messen. Auf die Anregung „Wenn wir nicht messen könnten“ beschreiben die Kinder Situationen, in denen das Messen unbedingt notwendig ist. Sie zählen auf, welche verschiedenen Messgeräte sie kennen und was alles gemessen wird (Längen, Zeit, Gewicht, Temperatur, Luftdruck...). Eine Sammlung verschiedener Messgeräte entsteht in der Klasse.

### **Das Messen mit Körpermaßen *erproben*:**

Wie war das früher? Hatten die Menschen früher auch schon Messgeräte? Zunächst reichte das ungefähre Schätzen. Die Schüler schätzen, wie lang z.B. die Klasse oder der Schulhof ist. Genauer wird es, wenn wir messen. Früher hat man mit Körpermaßen gemessen. Die Kinder messen nun mit Elle, Fuß und Zoll – sie vergleichen die Ergebnisse und stellen fest, dass es Unterschiede im Ergebnis gibt, weil die Füße z.B. unterschiedlich groß sind. Mit Körpermaßen gewonnene Ergebnisse sind also nicht vergleichbar. Wie machte man es früher? Man einigte sich z.B. auf die Körpermaße des regierenden Fürsten, später auch auf das „gerechte“ Maß von zufällig aus der Kirche kommenden Menschen. Als Folge der regional unterschiedlich verlaufenden Einigungsprozesse gab es eine große Vielfalt an verschiedenen Maßen.

**Ein normiertes Maß herstellen und verwenden:**

Es dauerte bis in das 18. Jahrhundert, bis sich alle Länder auf ein einheitliches, (fast) überall geltendes Maß einigten, das heutige Metermaß. Die Schüler stellen einen Meterstab selbst her und markieren die Dezimetereinteilungen. Mit diesem Meterstab messen sie verschiedene Längen und vergleichen die Ergebnisse mit den zuvor in Körpermaßen gemessenen Längen.

**Das Schätzen von Gewichten erproben:**

Auch Gewichte können und müssen wir messen. Das Schätzen ist allerdings sehr ungenau.

**Eine Waage konstruieren:**

Die Schüler erhalten die Aufgabe, mit einfachen Mitteln ein Messgerät zu erfinden, das „Gewichte“ messen kann.

**Lösungen zeichnerisch entwerfen:**

Sie zeichnen mögliche Lösungen an die Tafel und demonstrieren das Gemeinte mit Hilfe von Leisten.

**Probleme handelnd lösen:**

Wie findet man die Mitte der Holzleiste, damit der Waagebalken „gerade“ ist? Die Schüler messen die Mitte aus und befestigen in der Mitte der Leiste einen Schraubhaken zum Aufhängen der Leiste. Da der Waagebalken noch schief ist, verschieben sie ein Gewicht solange, bis Gleichgewicht erreicht ist.

**Eine Waage und Gewichtsstücke herstellen:**

Aus einfachen Leisten fertigen die Schüler das Gestell und den Waagebalken einer gleicharmigen Balkenwaage. Dabei lernen sie, wie man den Waagebalken durch das Verschieben eines Gewichtes in das Gleichgewicht bringt, wie man mit einer Wasserwaage die waagerechte Lage des Waagebalkens überprüft, und wie man einen senkrecht stehenden Zeiger anbringt, der anzeigt, ob die Waage im Gleichgewicht ist. Zum Wiegen mit der gleicharmigen Balkenwaage braucht man geeichte Gewichtsstücke, um ein unbekanntes Gewicht mit einem bekannten Gewicht vergleichen zu können. Da nicht genügend geeichte Gewichtsstücke vorhanden sind, fertigen die Schüler aus Knete Gewichtsstücke, indem sie diese mit den geeichten Gewichten auf ihrer Waage vergleichen.

**In Zeichnung und Sprache repräsentieren:**

Der Bau der Waage und die Herstellung der Gewichte werden in Zeichnungen und Sprache festgehalten, so genau, dass ein anderer Schüler nach der Zeichnung eine Waage bauen könnte.

**Gebrauchen der Waage:**

Auf der selbst gebauten Waage können nun die Zutaten für ein Rezept gewogen werden.

**Verbessern zur Skalenwaage:**

Das Umgehen mit Gewichtsstücken ist umständlich. Geht es auch ohne sie? Der Lehrer hängt eine Waagschale ab. Mit einem Klotz kann die Waage wieder ins Gleichgewicht gebracht werden. Jetzt zeigt die Waage null Gramm. Wenn man nun 10 g auf die Waagschale legt, muss wieder Gleichgewicht hergestellt werden. Jetzt zeigt die Waage 10 g an usw. Die so entstehende Skala erleichtert den Wiegevorgang, da das Ergebnis nun unmittelbar abgelesen werden kann. Daher stammt auch der Name Schnellwaage.

**Untersuchen und Analysieren von Gegenständen und Prozessen:**

Auch die Briefwaage und die Sackwaage sind ungleicharmige Hebelwaagen. Die Kinder analysieren die Funktionsweise, indem sie mit ihrer selbstgebauten Waage vergleichen. Auch andere Waagen und andere Messgeräte haben Skalen, die das Ablesen des gemessenen Wertes erleichtern.

Im geschilderten Unterricht erlernen die Schüler den Umgang mit Wasserwaage und Lot und erarbeiten mit Hilfe von Handlungen die Begriffe Normung und Eichung, waagrecht, senkrecht und Gleichgewicht. Sie erfahren im Handeln das Hebelprinzip, indem sie Gleichgewicht durch Verschieben von Gewichtsstücken herstellen, und erfassen das Funktionsprinzip der gleicharmigen und ungleicharmigen Balkenwaage. Neben technischen werden auch physikalische und historische Zusammenhänge auf der Basis von Handlungen erarbeitet. Insgesamt greift der Unterricht ein Thema auf, das für das Erlernen naturwissenschaftlicher Methoden unabdingbar ist. Handlungen haben in diesem Beispiel dazu beigetragen, dass Kinder eine Chance haben, die erarbeiteten Zusammenhänge gründlich zu verstehen.

## 7 Dimensionen handlungsbezogenen Lernens

Der Schwerpunkt der Ausführungen liegt in diesem Beitrag auf der verstehensfördernden Funktion von Handlungsaktivitäten. Darüber hinaus verfolgen handlungsbezogene Aktivitäten im Unterricht weitere entwicklungs- und lernunterstützende Ziele, wie z.B. die Unterstützung der körperlichen Entwicklung durch Sinnes- und Bewegungsaktivitäten, die Unterstützung der Aufmerksamkeit, die Förderung des Abspeicherns und Abrufens von Informationen, die Ausbildung praktischer Fähigkeiten und Fertigkeiten, die Förderung selbstständigen Handelns, z.B. durch Vorhaben und Projekte, die Entwicklung kreativer Fähigkeiten, z.B. in gestaltenden Handlungen, die Entwicklung sozialer und kommunikativer Fähigkeiten durch gemeinsames Handeln, die Förderung der Motivation, die Entwicklung von Interesse wie auch die Förderung von Selbst-



vertrauen und Kompetenzerleben durch erfolgreiches Handeln. Diese Ziele haben ebenso ihre Berechtigung wie die Unterstützung des Wissensaufbaus durch Handlungen und fordern den Einbezug weiterer Handlungsformen, die gesondert darzustellen wären.

Der Aufbau von Denkstrukturen mit Hilfe von Handlungen stellt also *eine* Dimension eines handlungsbezogenen Unterrichts dar. Aus der Sicht aktueller Theorien des Wissenserwerbs sind Handlungen sinnvoll, um Konzeptwechselprozesse zu unterstützen, in vielen Fällen sogar erst zu ermöglichen. Allerdings entwickeln sich Denkstrukturen nicht automatisch aus Handlungen. Verstehen durch Handeln ereignet sich nur, wenn der Unterricht an der symbolischen Repräsentation von Handlungen arbeitet, also die Verknüpfung von Handlungen mit Denk- und Sprachprozessen ernst nimmt.

Zur Umsetzung dieser Grundgedanken im Unterricht stehen eine Vielzahl von Unterrichtsformen zur Verfügung, in denen Handlungen verschiedene Funktionen einnehmen. Eine anspruchsvolle Aufgabe für die Lehrkraft besteht darin, verstehensförderliche Handlungsformen für konkrete Themen zu bestimmen. Forschungen zu Lernprozessen, insbesondere zu Präkonzepten und Lernschwierigkeiten, sind hierbei hilfreich.

## Literatur

- Aebli, Hans: Psychologische Didaktik. Didaktische Auswertung der Psychologie von Jean Piaget. Stuttgart: Klett 1973
- Aebli, Hans: Denken: das Ordnen des Tuns. Band I: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie. Stuttgart: Klett 1980
- Aebli, Hans: Denken: das Ordnen des Tuns. Band II: Denkprozesse. Stuttgart: Klett 1981
- Biester, Wolfgang: Sachunterricht. Ideen, Modelle, Methoden, Material für die Unterrichtspraxis. Freiburg i. Br.: Herder 1981
- Bönsch, Manfred: Variable Lernwege. Ein Lehrbuch der Unterrichtsmethoden. Paderborn u.a.: Schöningh 1991
- Dubs, Rolf: Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41(1995)6, S. 889–903
- Dubs, Rolf: Der Konstruktivismus im Unterricht. In: Schweizer Schule, 84(1997)6, S. 26–36
- Duit, Reinders: Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschafts-didaktischen Lehr-Lernforschung. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41(1995)6, S. 905–923
- Duit, Reinders: Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht – Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht der Primarstufe. In: Köhnlein, W./ Marquardt-Mau, B./ Schreier, H. (Hrsg.): Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt (= Forschungen zum Sachunterricht, Bd. 1). Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997, S. 233–246

- Duit, Reinders: Conceptual change approaches in science education. In: Schnotz, W./ Vosniadou, S./ Carretero, M. (Eds.): *New Perspectives on conceptual change*. Amsterdam, New York, Oxford: Pergamon 1999, S. 263–282
- Duit, Reinders/ Treagust, David F.: Learning in science – From behaviourism towards social constructivism and beyond. In: Fraser, B.J./ Tobin, K.G. (Eds.): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers 1998, S. 3–26
- Einsiedler, Wolfgang: Probleme und Ergebnisse der empirischen Sachunterrichtsforschung. In: Marquardt-Mau, B./ Köhnlein, W./ Lauterbach, R. (Hrsg.): *Forschung zum Sachunterricht (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 7)*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997, S. 18–42
- Galperin, Pjotr J.: *Zu Grundfragen der Psychologie*. Köln: Pahl-Rugenstein 1980
- Gerstenmaier Jochen/ Mandl, Heinz: Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(1995)6, S. 867–887
- Götz, Margareta: Lernen mit allen Sinnen. Kritische Überlegungen zu gegenwärtigen Tendenzen (etwa ab 1980). In: Hinrichs, W./ Bauer, H. F. (Hrsg.): *Zur Konzeption des Sachunterrichts*. Donauwörth: Auer 2000, S. 208–220
- Gudjons, Herbert: *Handlungsorientiert lehren und lernen*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1992
- Häußler, Peter/ Bündler, Wolfgang/ Duit, Reinders/ Gräber, Wolfgang/ Mayer, Jürgen: *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN 1998
- Jonen, Angela/ Möller, Kornelia/ Hardy, Ilonca: 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 2003, S. 93–108
- Leontjew, Aleksej N.: *Probleme der Entwicklung des Psychischen*. Frankfurt a.M.: Athenäum Fischer 1973
- Möller, Kornelia: *Lernen durch Tun. Handlungsintensives Lernen im Sachunterricht der Grundschule. (Studien zur Pädagogik der Grundschule)*. Frankfurt a.M., Bern, New York, Paris: Peter Lang 1987
- Möller, Kornelia: *Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht in der Grundschule (Naturwissenschaften und Unterricht – Didaktik im Gespräch)*. Essen: Westarp 1991
- Möller, Kornelia: Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Köhnlein, W./Marquardt-Mau, B./Schreier, H. (Hrsg.): *Vielperspektives Denken im Sachunterricht (= Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 3)*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1999, S. 125–191
- Möller, Kornelia: Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In: Czerwenka, K./ Nölle, K./ Roßbach, H.-G. (Hrsg.): *Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule (= Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 4)*. Opladen: Leske + Budrich 2001a, S. 16–31
- Möller, Kornelia: Die naturwissenschaftliche Perspektive im Sachunterricht – Ziele, Probleme und Forschungsergebnisse. In: Fölling-Albers, M./ Richter, S./ Brügelmann, H./ Speck-Hamdan, A. (Hrsg.): *Kindheitsforschung. Forschung zum Sachunterricht (= Jahrbuch Grundschule III: Fragen der Praxis – Befunde der Forschung)*. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung 2001b, S. 105–111

- Möller, Kornelia: Anspruchsvolles Lernen in der Grundschule – am Beispiel naturwissenschaftlich-technischer Inhalte. In: Pädagogische Rundschau, 56(2002)4, S. 411–435
- Möller, Kornelia/ Tenberge, Claudia: Handlungsintensives Lernen und Aufbau von Selbstvertrauen im Sachunterricht. In: Marquardt-Mau, B./ Köhnlein, W./ Lauterbach, R. (Hrsg.): Forschung zum Sachunterricht (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 7). Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997, S. 134–153
- Möller, Kornelia/ Jonen, Angela/ Hardy, Ilonca/ Stern, Elsbeth: 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 2002, S. 176–191
- Siegler, Robert S.: Das Denken von Kindern. München u.a.: Oldenbourg 2001
- Sodian, Beate: Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In: Oerter, R./ Montada, L. (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. Weinheim: Psychologie Verlags Union 1995, S. 622–653
- Stern, Elsbeth: Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In: Petillon, H. (Hrsg.): Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule – Kinderperspektive und pädagogische Konzepte (= Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 5). Leverkusen: Leske + Budrich 2002, S. 27–42
- Stern, Elsbeth: Kompetenzerwerb in anspruchsvollen Inhaltsgebieten bei Grundschulkindern. In: Cech, D./ Schwier, H.-J. (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 13). Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2003, S. 37–58
- Terhart, Ewald: Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik? In: Zeitschrift für Pädagogik, 45(1999)5, S. 629–647
- Vosniadou, Stella/ Brewer, William F.: Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. In: Cognitive Psychology, 23(1992)24, S. 535–585
- Vosniadou, Stella/ Ioannides, Christos/ Dimitrakopoulou, Aggeliki/ Papademetriou, Efi: Designing learning environments to promote conceptual change in science. In: Learning and Instruction, 11(2001)4–5, S. 317–419