

SINUS-Transfer Grundschule

NATURWISSENSCHAFTEN

**Modul G 4: Lernschwierigkeiten erkennen –
verständnisvolles Lernen fördern**

Rita Wodzinski

Überarbeitete Fassung
Kiel, im Juni 2006



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2
Was bedeutet „verständnisvolles Lernen“?	3
Was ist unter Lernschwierigkeiten zu verstehen?	4
Wie funktioniert Lernen überhaupt?.....	6
Ergebnisse der Schülervorstellungsforschung in den Naturwissenschaften.....	8
Voraussetzung zur Förderung: Der Blick auf die Lernprozesse.....	11
Wie unterscheiden sich Kinder in ihren Lernvoraussetzungen und ihren Lernfortschritten.....	16
Verständnisvolles Lernen für alle Kinder.....	19
Förderung von Kindern mit speziellem Förderungsbedarf.....	22
Zusammenfassung	26
Literatur	27
Anhang	30

Lernschwierigkeiten erkennen – verständnisvolles Lernen fördern

Modul G 4

Rita Wodzinski

Einleitung

Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass Kinder im naturwissenschaftlichen Sachunterricht häufig unterschätzt werden und ihrem motivationalen und kognitiven Potenzial nicht angemessen entsprochen wird (vgl. BLK 2004, S. 11). Nicht selten verkümmert der naturwissenschaftliche Teil des Sachunterrichts zu einer Art Naturlehre, bei der die Kinder zu wenig kognitiv herausgefordert werden und die Einführung in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu kurz kommt.

Eine Anhebung des Niveaus des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts kann nicht bedeuten, Inhalte des Fachunterrichts in die Grundschule vorzuverlegen. Naturwissenschaftlicher Sachunterricht muss nach wie vor von den Lebenswelterfahrungen, den Fragen und Zugangsweisen der Kinder ausgehen. Aber auch in der Grundschule sind Vorstellungen und Vorerfahrungen bereits in Richtung belastbarer fachlicher Vorstellungen und fachmethodischer Zugänge weiterzuentwickeln.

Wagenschein hat betont, dass Kinder von sich aus bereits auf dem Wege zur Physik sind. Sie können den Weg hin zur Physik (oder allgemein zu den Naturwissenschaften) jedoch nicht allein beschreiten. Sie bedürfen der gezielten Unterstützung durch fachlich kompetente Lehrkräfte, die Lernumgebungen so gestalten, dass fruchtbare Lernprozesse in Gang gesetzt werden, dass die Kinder wichtige Erfahrungen zielgerichtet sammeln und Zusammenhänge zunehmend eigenständig erschließen können (vgl. Kahlert 2002, S. 146ff).

Naturwissenschaftlicher Sachunterricht bemüht sich nicht nur um den Aufbau von Sachwissen, sondern in gleichem Maße auch um das Erarbeiten elementarer Methoden wie das Beobachten, das Experimentieren oder das Beschaffen und Ordnen von Informationen. In diesem Modul spielt der Erwerb methodischer Kompetenzen jedoch eher eine untergeordnete Rolle. Ihnen widmet Modul G2 besondere Aufmerksamkeit.

Im Zentrum des vorliegenden Moduls steht die Frage, wie man anspruchsvolles und verständnisvolles Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht fördern und Lernschwierigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht angemessen begegnen kann. Zum Einstieg in dieses Thema werden zunächst die Begriffe „verständnisvolles Lernen“, „Lernschwierigkeiten“ und „Lernen“ im naturwissenschaftlichen Kontext näher beleuchtet. Die Diskussion von Maßnahmen zur Förderung aller Kinder wird dann die Grundlage bieten, um weitergehende Aspekte der speziellen Förderung von Schülerinnen und Schülern mit Lernschwierigkeiten herauszustellen.

Was bedeutet „verständnisvolles Lernen“?

Im Sachunterricht sollen Kinder Naturwissenschaften verstehen lernen. Damit ist mehr gemeint als sich Wissen über naturwissenschaftliche Phänomene anzueignen. Verstandenes unterscheidet sich von nur oberflächlich angesammeltem Wissen dadurch, dass es eine wohlorganisierte, flexible kognitive Struktur aufgebaut hat, die es gestattet, Beziehungen herzustellen oder zu analysieren. Verstandenes hat zudem die Funktion eines kognitiven Werkzeugs: Verstandenes kann auf neue Kontexte angewendet werden, kann verwendet werden, um Vorhersagen zu treffen, Beziehungen zwischen verschiedenen Phänomenen herzustellen oder Erscheinungen zu erklären. Es erweist sich als nützlich, um neue und zukünftige Erfahrungen zu strukturieren und weiteres Verständnis aufzubauen.

Auf Verstehen ausgerichteteres Lernen bedeutet deshalb einerseits, Lernprozesse an bereits bestehende Erfahrungen und Kenntnisse anzuknüpfen und andererseits Lernergebnisse zu nutzen, um sich Unbekanntes durch Verknüpfung mit Bekanntem zu erschließen. Wagenschein hat dafür die einfache Formel geprägt: „Verstehen heißt verbinden.“ (vgl. Harlen 1998, Pech/Kaiser 2004, S. 11)

Stern und Hardy (2005) weisen darauf hin, dass Verstehen naturwissenschaftlicher Sachverhalte im Sachunterricht auch Grenzen hat und warnen vor Verfrühungen. Ungeeignete Themen zeichnen sich dadurch aus, dass entweder keine ausreichende Verknüpfung mit dem Vorwissen möglich ist oder die Übertragung des Gelernten auf neue Probleme scheitert: „Behandelt man in der Vor- und Grundschule Probleme, in denen die zu erarbeitenden Erklärungen und Konzepte nicht an das bestehende Vorwissen der Kinder angebunden werden können, können sogar Fehlvorstellungen gefördert werden,

die sich gewöhnlich erst im späteren naturwissenschaftlichen Unterricht zeigen. Die Kinder eignen sich komplizierte Begriffe und halb verstandenes Wissen an, sind aber schnell überfordert, wenn sie mit einer neuen Problemstellung konfrontiert werden. Um solche ungünstigen Entwicklungen zu vermeiden, sollten Fragen und Problemstellungen so ausgewählt werden, dass die Antworten in der Sprache der Kinder formuliert werden können und an das Wissen der Kinder anknüpfen. Viele Bereiche aus der Physik, der Chemie und der Biologie sind deshalb für die Grundschule ungeeignet. Andere Inhaltsbereiche hingegen lassen sich erstaunlich gut auf dem Niveau der Kinder formulieren und können deshalb in Lernumgebungen aufbereitet werden, in denen sich die Kinder entsprechende Erklärungen erarbeiten.“ (Stern, Hardy 2005, S. 399)

Was ist unter Lernschwierigkeiten zu verstehen?

Von Lernschwierigkeiten spricht man allgemein, wenn Lernende den Leistungsnormen und -erwartungen nicht gerecht werden beziehungsweise wenn das Erreichen der erwarteten Standards mit pädagogisch nicht vertretbaren Belastungen verbunden ist (vgl. Helbig 2005, S. 187). Häufig wird der Begriff der Lernschwierigkeiten auf die elementaren Grundfertigkeiten Lesen, Schreiben und Rechnen sowie auf Sprachprobleme bezogen, die sich im Sachunterricht ebenfalls auswirken. Eine Diskussion fachspezifischer Lernschwierigkeiten im Sachunterricht wird in Deutschland bisher nicht geführt (vgl. Bannach, 2004). Stattdessen wird gelegentlich darauf verwiesen, dass der naturwissenschaftliche Unterricht für Lernende mit Lernschwierigkeiten eine gute Möglichkeit darstellt, Erfolgserlebnisse außerhalb der traditionellen Lernbereiche zu sammeln (vgl. Farmery 2002, Kaiser 2000, S. 48).

Die besondere Bedeutung naturwissenschaftlichen Unterrichts für Schülerinnen und Schüler mit Lernschwierigkeiten wird mit folgenden Punkten begründet (Farmery 2002):

- Lernen in Naturwissenschaften baut vielfach auf Erfahrungen aus erster Hand auf, die für alle Kinder in gleicher Weise neu sind.
- Manuelle Fertigkeiten im Umgang mit Materialien können in kleinen Schritten erworben werden, dadurch kann Konzentration unterstützt und entwickelt werden.
- Experimente fesseln die Aufmerksamkeit und können so Probleme im Verhalten reduzieren.
- Naturwissenschaftliches Arbeiten schließt häufig Gruppenarbeit ein und unterstützt so die Kommunikation und Kooperation.

- Die Vielfalt von naturwissenschaftlichen Aktivitäten erfordert ganz unterschiedliche Kompetenzen. Schülerinnen und Schüler können sich gegenseitig zu Erfolg verhelfen.

Im pädagogischen Verständnis beziehen sich Lernschwierigkeiten meist auf Schülerinnen und Schüler am unteren Ende des Leistungsspektrums. Im Gegensatz dazu sollen hier aber auch Faktoren berücksichtigt werden, die allgemein das Lernen von Naturwissenschaften in der Grundschule erschweren. Diese Faktoren können Ansatzpunkte für die Förderung naturwissenschaftlichen Verständnisses für *alle* Kinder bieten.

Bezogen auf den Physikunterricht hat Jung eine Unterscheidung in innenbedingte, sachbedingte und lehrbedingte Lernschwierigkeiten vorgeschlagen (Jung, Reul, Schwedes 1977). **Innenbedingte Lernschwierigkeiten** sind solche, die vorrangig der Person des Lernenden zuzuordnen sind. Defizite in den Bereichen Sprache und Sprechen, Motorik, Lesen und Rechtschreiben oder Mathematik können derartige Lernschwierigkeiten verursachen. Aber auch Schwierigkeiten im Arbeits- und Sozialverhalten, mangelnde Konzentrationsfähigkeit oder Aufmerksamkeitsstörungen können Ursachen für Lernschwierigkeiten dieser Art sein.

Sachbedingte Lernschwierigkeiten sind solche, die in der Sache selbst begründet liegen. Sie können sich zum Beispiel aufgrund der Abstraktheit oder Komplexität des Lerngegenstandes ergeben. Ohne Frage stellt das Verständnis des Energiebegriffs aufgrund seiner Abstraktheit hohe Anforderungen an Grundschulkinder (vgl. Modul G3). Ein anderes Beispiel für sachbedingte Lernschwierigkeiten liefert der Begriff der Dichte. Hier müssen zwei Größen, die Masse und das Volumen, gleichzeitig berücksichtigt werden. Derartig zusammengesetzte Größen bereiten Schülerinnen und Schülern bekanntermaßen häufig bis in die Sekundarstufe hinein Schwierigkeiten. Viele sachbedingte Lernschwierigkeiten ergeben sich auch dadurch, dass sich das naturwissenschaftliche Denken vom Alltagsdenken zum Teil erheblich unterscheidet. Dieser Bereich von Lernschwierigkeiten ist seit den 1990er Jahren in der Naturwissenschaftsdidaktik unter dem Stichwort der Schülervorstellung intensiv diskutiert und erforscht worden (Duit 1997, Einsiedler 1997, Schmeinck 2004, Müller et al. 2004).

Lehrbedingte Lernschwierigkeiten sind solche, die durch den Unterricht selbst hervorgerufen werden. Durch inkonsequente Klassenführung, durch ungeschicktes Fragever-

halten oder durch ungeeignete Medien und Materialien können Lernprozesse gestört und behindert werden.

Sicher deckt diese Klassifizierung nicht alle Schwierigkeiten ab, die beim Lernen in den Naturwissenschaften auftreten. Sie macht aber bereits deutlich, dass Lernschwierigkeiten sehr vielfältige Ursachen haben können. Keineswegs sollten Lernschwierigkeiten nur den Lernenden zugeschrieben werden. So hebt auch Helbig (2005) hervor: „Eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen auch die Beziehungen zwischen Schülern und das Klassenklima. Zahlreiche Untersuchungen belegen ihren Einfluss auf Selbstkonzept, Selbstwertgefühl, Erfolgszuversicht, Lernmotivation, Leistungsangst und Leistungsverhalten von Schülern (Zielinski 1998, 50ff.). Es liegt auf der Hand, dass ein Klima der Anerkennung und die Gewissheit, dass Fehlermachen zum Lernen gehört, dazu beitragen, dass Kinder auch bei Problemen nicht vorschnell aufgeben und weiter nach Lösungen suchen.“ (Helbig 2005, S. 192) Zudem ist zu beachten, dass auch besonders begabte Schülerinnen und Schüler durch fehlende Herausforderungen in ihrem Lernen behindert werden können und in Folge dessen andere im Lernen behindern können.

Wie funktioniert Lernen überhaupt?

Die Beurteilung von Unterrichtsqualität hängt wesentlich von den Vorstellungen über das Wesen des Lernens ab. Moderne konstruktivistische Lerntheorien heben hervor, dass Lernen ein aktiver Prozess ist. Einfach gesagt bedeutet das: Wissen kann nicht von einem auf den anderen übertragen werden, sondern muss von den Lernenden selbst aktiv und individuell neu konstruiert werden. (Die scharfe Kritik an lehrerzentrierten Unterrichtsformen bzw. die Forderung nach stärker kognitiv aktivierenden Unterrichtsmethoden findet hier ihre Grundlage.)

Ein weiterer wichtiger Aspekt konstruktivistischer Auffassungen vom Lernen ist die Bedeutung des Vorwissens und der Vorerfahrungen. Lernen fängt nie bei Null an, sondern baut auf dem Schatz an Erfahrungen und Vorstellungen auf, den Schülerinnen und Schüler aus dem Alltag oder aus vorangegangenem Unterricht mitbringen.

Das Ergebnis von Lernprozessen ist nicht das Anhäufen von Wissen, sondern die **Veränderung von Vorstellungen, Einstellungen und Werten**. Damit einher geht eine Veränderung der Sicht auf die Welt (vgl. Einsiedler 1997). Wie sehr bereits gesammelte

Erfahrungen und das Vorwissen bestimmen, wie wir die Welt sehen und was wir von der Welt wahrnehmen, kann man auch im Alltag immer wieder erleben. Eine Architektin zum Beispiel nimmt bei einem Spaziergang durch eine fremde Stadt ganz andere Dinge wahr als ein Landschaftsplaner oder ein Historiker. Diese Zusammenhänge lassen sich auch auf das Lernen übertragen. Was Kinder bei der Durchführung von Experimenten beobachten, welche Assoziationen wachgerufen werden und zu welchen Schlussfolgerungen Kinder kommen, hängt ganz wesentlich von ihren individuellen Vorerfahrungen ab. Es ist keineswegs so, dass jede/r dasselbe sieht, auch wenn alle auf dasselbe blicken (Duit 1989, Schlichting 1991).

Da die Sichtweise von Kindern zudem eine andere ist als die von Erwachsenen, bedeutet das auch, dass Lernangebote, Experimente und Erklärungen im Unterricht von den Kindern oft ganz anders wahrgenommen werden, als dies von der Lehrerin oder dem Lehrer beabsichtigt war. Deswegen kann auch das Bemühen um korrekte Erklärungen zu Beginn des Unterrichts, wenn den Kindern die notwendigen Erfahrungen noch fehlen, dazu führen, dass ungewollt falsche Vorstellungen aufgebaut werden, auch wenn „das Richtige“ gesagt wird. Duit (2004) hat diesen Sachverhalt in den folgenden zwei Hauptsätzen zusammengefasst:

1. Jede Schülerin/jeder Schüler macht sich ihr/sein eigenes Bild von allem, was im Unterricht präsentiert wird – was die Lehrkraft sagt oder an die Tafel schreibt, was bei einem Experiment zu beobachten ist, was auf einer Zeichnung zu sehen ist.
2. Das Bemühen der Lehrkraft, alles fachlich richtig zu erklären, führt insbesondere am Beginn des Unterrichts über ein neues Thema häufig dazu, dass die Schülerinnen und Schüler etwas Falsches lernen.

Lernen von Naturwissenschaften bedeutet auch, Dinge unter einer anderen Perspektive neu sehen zu lernen. Einige Beispiele verdeutlichen dies:

A Im Alltag werden Gegenstände als unterschiedlich warm bezeichnet, wenn sie sich unterschiedlich warm anfühlen. Ein Holzfußboden ist warm, ein Steinfußboden ist kalt. Die physikalische Sicht auf dieses Phänomen ist eine andere: Es zählt nicht, wie warm sich die Böden anfühlen, sondern welche Temperatur das Thermometer anzeigt. Die Unterschiede im Wärmempfinden trotz gleicher Temperatur lassen sich dadurch erklären, dass die Böden die Körperwärme unterschiedlich gut weiterleiten. Wenn ein Physiker die Fußböden vergleicht, „sieht“ er quasi die Wärme, die vom menschlichen Körper auf die Böden übertragen wird.

B Beim einfachen elektrischen Stromkreis mit Lämpchen und Batterie stellen sich viele Kinder spontan vor, dass aus einem oder aus beiden Polen der Batterie eine Art Substanz zum Lämpchen hin fließt, die dort verbraucht wird. Aus physikalischer Sicht strömt im Gegensatz dazu Elektrizität im Kreis, und zwar in exakt gleicher Stärke überall im Stromkreis. Physiker sind es auch hier gewohnt, die konstante Stromstärke in Stromkreisen zu „sehen“. Die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler ist nicht verwunderlich: Auch im Alltag spricht man vom Strom, den elektrische Geräte benötigen oder den die Geräte „ziehen“. Die Vorstellung, dass etwas unverändert im Kreis herumgeht, wird durch Alltagsvorstellungen nicht gestützt.

C Der Schatten wird von Kindern häufig als etwas gesehen, das unveränderlich zu einem Gegenstand dazugehört und der für sich existiert, unabhängig davon, ob eine Lichtquelle vorhanden ist oder nicht. Einige Kinder glauben, dass die Lichtquelle lediglich dafür sorgt, dass der Schatten besser sichtbar wird. Aus physikalischer Perspektive ist dagegen die Lichtquelle unverzichtbar, damit ein Schatten überhaupt entsteht. Die Rolle, die das Licht bei Schattenphänomenen spielt, wird also ganz anders eingeordnet.

Ergebnisse der Schülervorstellungsforschung in den Naturwissenschaften

Dinge ganz anders zu sehen, als die Alltagserfahrung nahe legt, ist keineswegs einfach. Es sind nicht einzelne Wissens Elemente, die einfach hinzukommen, sondern ein ganzes Netz von bisherigen Überzeugungen kann dabei in Frage gestellt werden und das Umin-terpretieren von bisherigen Erfahrungen erforderlich machen. Aus Untersuchungen ist bekannt, dass solche Veränderungen nicht durch kurzfristige Interventionen zu erreichen sind, sondern Zeit benötigen. Selbst echte Aha-Effekte sind keine Garantie dafür, dass die damit verbundene Vorstellungsveränderung von Dauer ist. Die ursprünglichen Vorstellungen und Überzeugungen werden verständlicherweise nicht einfach ad acta gelegt, sondern dominieren auch später noch das Denken der Kinder. Schließlich haben sie sich über lange Zeit bewährt und werden durch das Alltagsdenken auch weiterhin gestützt.

Nicht selten kommt es daher vor, dass verschiedene Sichtweisen miteinander vermischt werden. So übernehmen Kinder beim Stromkreis die Vorstellung, dass zwar eine Substanz im Kreis fließt. Sie gehen jedoch davon aus, dass hinter dem Lämpchen weniger Substanz fließt als davor. Solche Mischvorstellungen sind als der Versuch zu verstehen,

der neuen Vorstellung auf der Grundlage bereits vorhandener Vorstellungen (in diesem Fall vom Stromverbrauch) einen Sinn zu geben.

Um Missverständnisse zu vermeiden, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es im naturwissenschaftlichen Sachunterricht nicht darum geht, Kindern physikalische Vorstellungen überzustülpen. Vorstellungen sollten im Unterricht eher als Denkangebote verstanden werden, die sich auch aus Sicht der Kinder bewähren müssen. Vorstellungsänderungen können zum Beispiel in Gang gesetzt werden, indem Kinder mit Erfahrungen konfrontiert werden, die zu den bisherigen Vorstellungen nicht passen. Kinder suchen dann von sich aus nach neuen Modellen und Erklärungen. An den im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Beispielen soll dies deutlich werden:

Zu A Viele Kinder glauben, dass ein Wollpullover wärmt, da Wolle als Material warm ist. Legt man einen Eiswürfel unter eine Wollmütze, muss man jedoch feststellen, dass der Eiswürfel weniger schnell schmilzt als ein zweiter Eiswürfel, der unbedeckt an der Luft liegt. Dieses Experiment widerspricht der Erwartung und fordert zum Nachdenken heraus. Zu dem Schluss, dass die Wollmütze isolierend wirkt und sowohl den Eiswürfel kalt als auch den Kopf warm hält, ist es noch ein langer Weg. Weitere Experimente können helfen, den Sachverhalt in dieser Weise zu interpretieren. Man bittet ein Kind, sich in einen Schlafsack zu legen und misst die Temperatur im Inneren des Schlafsacks. Dasselbe wird mit einem Stofftier wiederholt. Dieses Experiment kann den Blick auf den menschlichen Körper als Wärmequelle lenken. Die Messung der Temperatur innerhalb eines Raumes (in der Mitte einer Styroporkugel, in einem Blumentopf, in der Luft über dem Tisch und unter dem Tisch, in einem Wasserglas ...) kann zusätzlich zu der Erkenntnis führen, dass die Temperatur in der Umgebung überall gleich ist, dass also die Wolle genauso warm ist, wie jeder andere Stoff.

Der Versuch, die verschiedenen Erfahrungen zu ordnen, führt schließlich zu neuen Vorstellungen. Ist deutlich geworden, dass die Wollmütze wärmt, weil sie den Abtransport von Wärme behindert, können andere Materialien zur Wärmeisolierung untersucht werden. Ein nächster Schritt könnte dabei sein, dass die Luft in der Wolle einen entscheidenden Anteil an der Wärmeisolierung hat (siehe auch Wodzinski 2002).

Wie in diesem Beispiel gilt es allgemein, dass Vorstellungen (Alltags- oder naturwissenschaftliche Vorstellungen) immer an Erfahrungen gebunden sind. Je mehr Beispiele gefunden werden, in denen sich die physikalischen Vorstellungen als fruchtbar und

nützlich erweisen, desto eher werden diese Vorstellungen von Kindern übernommen. Physikalische Vorstellungen ergeben sich jedoch keineswegs immer zwingend aus Experimenten. In diesen Fällen ist es Aufgabe der Lehrerin oder des Lehrers, zumindest dafür zu sorgen, dass Kindern diese Vorstellung plausibel erscheint.

Zu B Ein Beispiel dafür ist der einfache elektrische Stromkreis. Kein Grundschulexperiment „beweist“, dass der Strom im Kreis fließt, da der Strom selbst nicht sichtbar ist. Wiesner (1995) hat deshalb Experimente entworfen, die die oben genannte Vorstellung, aus beiden Polen der Batterie ströme etwas zum Lämpchen, in Frage stellt und im Vergleich dazu die Vorstellung, dass der Strom eine bestimmte Richtung hat, zumindest plausibel macht. Schließt man zum Beispiel statt eines Glühlämpchens einen kleinen Motor an die Batterie an, ändert sich mit dem Vertauschen der Kabel die Drehrichtung des Motors. Dies unterstützt die Vorstellung von der Richtung des Stromflusses im Stromkreis (Wiesner 1995).

Zu C Die Rolle, die der Lichtquelle bei der Entstehung von Schatten zukommt, können Kinder in einfachen Experimenten erkunden. Auch hier sei jedoch davor gewarnt, die Überzeugungskraft der Experimente zu überschätzen. In einem Experiment sollten Kinder den Schatten bei unterschiedlich transparenten Gegenständen untersuchen. Die Lehrerin hatte erwartet, dass Kinder dabei erkennen, dass der Schatten umso dunkler ist, je weniger Licht vom Gegenstand durchgelassen wird. Schatten ist also immer dort, wo kein Licht hinfällt. Tatsächlich war zu beobachten, dass eine Schülerin sehr lange Zeit benötigte, um diesem Experiment einen Sinn zu geben. Ihrer Ansicht nach wurde der Schatten durch verschiedene Gegenstände unterschiedlich stark eingefärbt. Ein Zusammenhang mit der Menge des Lichtes wurde von ihr nicht gesehen. Erst durch gezielte Hinweise war sie in der Lage, dieses Phänomen in der erwarteten Weise zu sehen. Die Reaktion der Schülerin war ähnlich der, wenn jemand bei einem Vexierbild (Abb. 1) nach langem Hinsehen plötzlich das zweite Bild erkennt.

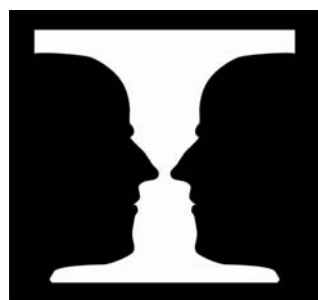


Abbildung 1: Vexierbild (eigene Illustration)

Wie in diesen Beispielen zu sehen war, gilt allgemein, dass Vorstellungen (Alltags- oder naturwissenschaftliche Vorstellungen) immer an Erfahrungen gebunden sind. Je mehr Beispiele gefunden werden, in denen sich die physikalischen Vorstellungen als fruchtbar und nützlich erweisen, desto eher werden diese Vorstellungen von Kindern übernommen. Physikalische Vorstellungen ergeben sich jedoch keineswegs immer zwingend aus Experimenten. In diesen Fällen ist es Aufgabe der Lehrerin oder des Lehrers, zumindest dafür zu sorgen, dass Kindern diese Vorstellung plausibel erscheint.

Voraussetzung zur Förderung: Der Blick auf die Lernprozesse

Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Sachunterricht angemessen fördern zu können setzt vor allem die Bereitschaft und Fähigkeit voraus, sich in die Vorstellungen und Denkweisen der Schülerinnen und Schüler hinein zu versetzen. Um ein Gespür für die Denkweisen von Kindern und die typischen Schwierigkeiten mit bestimmten Inhaltsbereichen aufzubauen, sind Berichte von Untersuchungen über Schülervorstellungen hilfreich. (Eine Zusammenstellung ausgewählter und leicht zugänglicher Quellen zu physikalischen Themen des Sachunterrichts findet sich im Anhang.) Diese liefern aber nur einen groben Hintergrund für die individuellen Vorstellungen der Kinder. Ergänzend dazu ist im Unterricht bewusst dafür zu sorgen, dass man möglichst viele Informationen über die Vorstellungen möglichst aller Kinder erhält.

Besonders zu Beginn des Unterrichts ist es notwendig, sich einen Überblick über die Vorerfahrungen, das Vorwissen und die Interessen der Kinder zu verschaffen, um die unterschiedlichen Ausgangspunkte zu erfassen. Die große Bedeutung, die der Erfassung des Vorwissens und der Vorerfahrungen zukommt, heben auch Pech und Kaiser (2004) hervor. Ihrer Ansicht nach „zählt die Erhebung der Lernvoraussetzungen zu den wesentlichen Aufgaben von Unterricht. Vielleicht lässt sich das konsequente Erheben von Lernvoraussetzungen gar zu den zentralen Qualitätskriterien von Schule zählen.“ (Pech, Kaiser 2004, S. 25)

Die Möglichkeiten, etwas über die Vorstellungen von Kindern zu erfahren, sind vielfältig. Das Lehrerhandbuch des Nuffield-Curriculums (Black, Harlen 1998) nennt z.B. folgende Methoden:

- Gespräche und offene Fragen
Beispiel: „Was denkst du ist ein Magnet? Hier liegen verschiedene Gegenstände. Hast du eine Idee, wie man herausfinden kann, was davon Magnete sind?“

- Zeichnungen, die ggf. zusätzlich beschriftet werden
Beispiel: „Was ist ein Spiegelbild? Zeichne deine Ideen auf und beschrifte deine Zeichnung.“
- Ideen aufschreiben
Beispiel: „Wofür benötigen wir Strom? Schreibe auf.“
- Sortieren von Gegenständen oder Bildmaterial
Beispiel: „Samle Gegenstände, in denen du dein Gesicht sehen kannst, und Gegenstände, in denen du dein Gesicht nicht sehen kannst.“
- ...

Eine Liste von Pech und Kaiser (2004, S. 24) zählt diese Möglichkeiten zur Erhebung von Lernvoraussetzungen im Sachunterricht auf:

Sprachliche Impulse

- Brainstorming zu einem Impulsstichwort,
- Gespräch zu einem Impulsstichwort,
- Impulsfrage,
- freie Assoziation zu einem Bild,
- Gespräch zu einer Geschichte,
- Fortsetzungsdialoge,
- Fortsetzungssätze,
- Fortsetzungsgeschichten,
- Schreibgespräche,
- Mind-Map,
- Concept-Map,
- freie Texte.

Objektbezogene Impulse

- Modellbau,
- Material sortieren,
- Material gruppieren.

Ästhetische Impulse

- Zeichnung,
- annotierte Zeichnung anfertigen,
- Bild malen,
- Symbolisierung auswählen,
- Tonfigur formen, um die eigene Stimmung/Meinung/Einschätzung auszudrücken,
- Standbild erstellen,
- Szene darstellen,
- klangliches Veranschaulichen.

In der Technikdidaktik hat die Methode des Sachzeichnens für die Erhebung der Vorstellungen eine besondere Bedeutung. Sie soll einerseits Einblicke in das Denken von

Kindern gewähren, andererseits aber auch bereits das Ordnen und Hinterfragen der eigenen Vorstellungen anregen. „Durch Zeichnen verwandeln sich flüchtige Vorstellungen in Bilder von einiger Dauer. Ihre Elemente können deshalb in ihren Beziehungen zueinander simultan erfasst werden. Als Metapher ausgedrückt: Beim Zeichnen stehen die Kinder ihren Vorstellungen gegenüber. Dadurch bildet sich die Distanz, die für eine objektivierende Betrachtung unerlässlich ist. Zeichnen ist Prozess und erlaubt deshalb den Nachvollzug und das Mitdenken anderer; es regt die Diskussion an. Zeichnen gibt dem Wahrgenommenen und dem Vorgestellten einen höheren Bewusstseinsgrad, hilft Vorstellungsmängel zu entdecken und lenkt die Aufmerksamkeit.“ (Biester 1991, S. 61)



Abbildung 2: Fahrrad-Zeichnungen von 10-jährigen Kindern (entnommen aus Zolg 2001, S. 3).

Abbildung 2 zeigt Zeichnungen eines Fahrrades von Kindern gleichen Alters. An der Anordnung der Pedale, der Verbindung der Räder mit dem Rahmen oder der Darstellung des Kettengetriebes sind deutliche Unterschiede zu erkennen. Auf der Grundlage derartiger Kinderzeichnungen lassen sich sinnvoll differenzierte Lernaufgaben ableiten, die dem Vorwissensstand des Kindes angepasst sind. Während der Vergleich der Zeichnung mit dem tatsächlichen Aufbau eines Fahrrades und das nochmalige Anfertigen einer Zeichnung für drei der vier Kinder eine sinnvolle und lehrreiche Aufgabe darstellt, könnte die Zeichnerin des ersten Bildes eventuell bereits ihre Aufmerksamkeit auf Teile des Fahrrades (Kettengetriebe, Beleuchtung, ...) richten.

Die Methode des Sachzeichnens lässt sich auch auf naturwissenschaftliche Bereiche übertragen. Lässt man zum Beispiel Kinder Bilder von Schatten an einem Sommertag zeichnen, kann man den Zeichnungen entnehmen, ob Kindern bewusst ist, dass Schatten keine Farben oder Strukturen aufweisen, dass ein Zusammenhang zwischen der Orientierung des Schattens und der Position der Sonne besteht, dass Schatten in der Regel verzerrte Abbilder sind etc. Die folgende Abbildung zeigt drei Beispiele für Kinderzeichnungen zum Schatten.

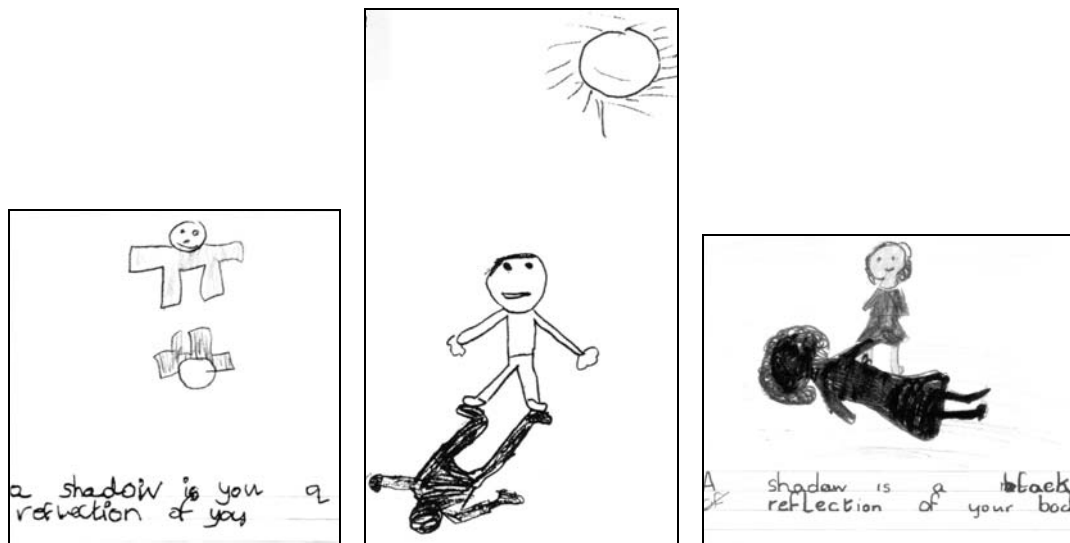


Abbildung 3: Kinderzeichnungen zum Schatten (entnommen aus Black, Harlen 1998, S. 26 f).

Eine weitere häufig verwendete Methode zur Erfassung von Vorstellungen ist, Kinder begründete Vorhersagen zu einem Experiment machen zu lassen. Auch hier kann es sinnvoll sein, nicht nur einzelne Kinder zu deren Vorstellungen mündlich zu befragen, sondern die Vermutungen schriftlich oder bildlich darstellen zu lassen.

Nicht nur zu Beginn einer Unterrichtsreihe, sondern über den gesamten Lernprozess hinweg sind Dokumente wichtig, die die Vorstellungen von Kindern sichtbar machen. Wie beim Sachzeichnen sind derartige Aufzeichnungen Impulse für die Kinder, die eigenen Gedanken zu klären, aber auch eine wichtige Informationsquelle für die Lehrkraft, um das Lernen sinnvoll begleiten und fördern zu können. „Indem die Schülerinnen und Schüler ihren Weg des Verstehens aufschreiben, sind sie zugleich zum Nachdenken über das eigene Tun, zur Metakognition genötigt. Indem der Lehrer sich auf die ‚Sprache des Verstehens‘ einlässt, akzeptiert er zugleich dessen individuelle Ausprägung.“ (von der Gröben 2001)

Um Vorstellungen von Kindern zu verstehen, ist es oft notwendig und hilfreich, nachzufragen. Manche Äußerungen wirken auf den ersten Blick absurd und unverständlich, erweisen sich aber bei Nachfragen als durchaus plausibel. So gab ein Junge in einer Befragung an, dass ein Stück Blech nur schwimmt, wenn es mit Wachsmalkreide oder Teer bestrichen ist. Auf Nachfrage der Interviewerin berichtete er, dass er bei der Pfadfindern ein Papierboot gebaut habe, das mit Wachsmalkreide bemalt wurde, um das Eindringen des Wassers zu verhindern. Diese aus der Erfahrung abgeleitete „Teertheorie“ ist auch für das weitere Antwortverhalten des Jungen sehr prägend (Möller 1999).

Ein ähnlich lehrreiches Beispiel für die Notwendigkeit des Nachfragens hat auch Bertolt Brecht in der Episode „Herr Keuner und die Zeichnung seiner Nichte“ festgehalten. Viele Betrachter hätte ein fliegendes Huhn in einer Kinderzeichnung vermutlich gar nicht irritiert, aber die Tatsache, dass das Huhn mit drei Beinen dargestellt ist, wäre dem Mädchen vermutlich nicht selten als Dummheit oder Unachtsamkeit ausgelegt worden.

Herr Keuner und die Zeichnung seiner Nichte

Herr Keuner sah sich die Zeichnung seiner kleinen Nichte an. Sie stellte ein Huhn dar, das über einen Hof flog. „Warum hat dein Huhn eigentlich drei Beine?“ fragte Herr Keuner. „Hühner können doch nicht fliegen“, sagte die kleine Künstlerin, „und darum brauchte ich ein drittes Bein zum Abstoßen.“ „Ich bin froh, dass ich gefragt habe“, sagte Herr Keuner.

Brecht 1971, S. 69

Ein weiteres Beispiel dazu ist ein Abschnitt aus „Der kleine Prinz“ von Antoine de Saint Exupéry: Die Episode berichtet von einer Kinderdarstellung einer Riesenboa, die einen Elefanten gefressen hat. Die Silhouette der Boa mit dem einverleibten Elefanten gleicht in der Zeichnung einem Hut, folglich sehen alle Erwachsenen in der Darstellung lediglich den Hut und kommen gar nicht auf die Idee, etwas anderes darin zu entdecken.

Oft ist man überrascht darüber, wie plausibel die Überlegungen von Kindern sind, auch wenn das Ergebnis physikalisch unangemessen ist. Es kommt andererseits auch vor, dass Kinder zwar eine physikalisch richtige Antwort geben, der jedoch falsche Überlegungen zugrunde liegen. Auch hier ist es notwendig, dass Kinder ihre Vorstellungen erläutern, um oberflächliches Wissen von Verstandenem unterscheiden zu können.

Wenn Schülerinnen und Schüler erleben, dass es im Unterricht nicht darum geht, das richtige Ergebnis zu sagen, sondern den anderen und die Sache zu verstehen, kann ein produktives Lernklima entstehen, in dem auch Fehler und Lernschwierigkeiten als notwendige und hilfreiche Begleiter auf dem Weg zum Verstehen gesehen werden.

Wichtig ist, dass man sich als Lehrerin oder als Lehrer bewusst Zeit nimmt, Kinder zu beobachten und ihren Vorstellungen nachzuspüren. Ähnlich schreibt auch Carle: „Wie kann man der Herausforderung nachkommen, die Unterschiedlichkeit der Kinder zu akzeptieren, ihre verschiedenen Handlungsmöglichkeiten richtig einzuschätzen und angemessen sachbezogen zu unterstützen? Voraussetzung ist, dass sich die Lehrperson in das Denken und Handeln der Kinder hineinversetzen kann und begreift, mit was sich der Schüler oder die Schülerin befasst ... In einer Schulklasse erfordert das gezielte Auf-

merksamkeit für die Lernprozesse der Kinder, ihre Interessen, ihre Kommunikation, ihre Themen, ihre Arbeitsabläufe, ihre Werkzeuge, ihre räumlich-zeitlichen Rahmenbedingungen, zugleich aber auch für die Wirkung der Rahmenbedingungen, die ich als Lehrkraft bereitstelle. Diese gezielte Aufmerksamkeit lässt sich institutionalisieren, indem in der Unterrichtsplanung die Beobachtung in bestimmten Schlüsselsituationen verankert wird, die sich aus dem Thema und den Zielen des Unterrichts ableiten lassen.“ (Carle 2004, S. 192)

Aber nicht nur die Lehrerin oder der Lehrer muss die Lernprozesse der Kinder sorgfältig beobachten. Auch die Kinder selbst sollten angehalten werden, dies zu tun. Wenn Lernen als ein aktiver und individueller Prozess verstanden wird, kann Unterricht nur erfolgreich sein, wenn Schülerinnen und Schüler zunehmend Verantwortung für ihr eigenes Lernen übernehmen und in die Lage versetzt werden, ihr Lernen zu beobachten und zu reflektieren. Kinder bei Lernschwierigkeiten zu unterstützen ist zudem umso einfacher, je besser sie ihre Schwierigkeiten benennen können und je eher sie bereit sind, das auch zu tun.

Wie unterscheiden sich Kinder in ihren Lernvoraussetzungen und in ihren Lernfortschritten?

Aus Untersuchungen ist bekannt, dass die Vorerfahrungen und das Vorwissen einen wesentlichen Einfluss auf das Lernen haben. Hinsichtlich der Vorerfahrungen können sich die Kinder einer Lerngruppe gravierend unterscheiden. Aber auch die kognitiven und metakognitiven Fähigkeiten sind bei Schülerinnen und Schülern unterschiedlich ausgeprägt, so dass vergleichbares Vorwissen in aller Regel zu unterschiedlichen Lernentwicklungen führen wird.

In ihrer Untersuchung zum Schwimmen und Sinken hat Kornelia Möller (1999) sehr eindrucksvoll verschiedene Lernentwicklungen von Kindern gegenüber gestellt. In der Untersuchung wurden elf Schülerinnen und Schüler einer vierten Klasse zunächst in Einzelinterviews zu ihren Vorstellungen zum Schwimmen und Sinken untersucht. Dabei begann die Befragung mit der Frage, warum ein Schiff schwimmt (Präkonzepterhebung). Daran schloss sich eine über mehrere Tage verteilte mehrstündige unterrichtsähnliche Lehrsituation in Gruppen von drei bis vier Kindern statt. Vier bis acht Monate später wurden die Kinder nochmals befragt, um die Veränderungen im Vergleich zur Eingangsuntersuchung zu erheben (Postkonzepterhebung). Da die Interview-

situation selbst die Vorstellungen verändert, sind in der folgenden Übersicht bei der Postkonzepterhebung die Antworten zur Frage, warum ein Schiff schwimmt, zu Beginn und zum Ende der Befragung aufgelistet. Die Unterschiede geben auch Aufschluss über die Stabilität der erworbenen Konzepte.

	Präkonzepte	Postkonzepte	
		Erste Frage	Letzte Frage
OI	Salz im Meer, weil das Meer so tief ist, wegen dem Wind, soviel Wasser im Meer.	Weil es innen hohl ist.	Weil es innen hohl ist.
J	Schiff ist hohl – Luft im Schiff – Luft geht nicht unter	Wasserdruck	Wasserdruck ist stärker als der Luftdruck.
Se	Weil´s hohl ist, rund herum zu ist.	Klar, das ist der Luftdruck. Und von unten drückt es ja auch noch mal. Und da gibt es noch die Erdanziehungskraft.	Das Wasser stößt das weg und Luft drückt runter.
Me	Schiff wird vom Wasser hochgedrückt.	Weil ein Hohlraum drin ist und dann die Luft das hochdrückt.	Das Wasser drückt das Schiff, und deshalb bleibt das oben. Und weil dann auch noch ein Hohlraum da drin ist, schwimmt das noch besser.
FI	Schiff besteht aus mit Teer bestrichenem Holz oder Eisen.	Weil es hohl ist.	Weil es innen hohl ist, das Gewicht verteilt ist und das Wasser drückt.
Ve	Wegen Radantrieb, weil das Schiff keine Löcher hat und hochgebogen ist.	Wenn Luft drin ist und die Wände hoch sind.	Wenn der Hohlraum größer ist, dann schwimmt es, desto stärker drückt das Wasser, dann schwimmt es besser.
He	Lufträume im Schiff	Luftkammern	Wenn das Gewicht von oben in das Wasser drückt, dann drückt das Wasser von unten auch dagegen. Und wenn das Gewicht dann gleichmäßig verteilt ist, dann schwimmt das Boot.
Ma	Weil Luft drin ist (eingeschlossene Luft).	-	Die Luft ist doch nicht daran schuld. Das Wasser drückt nach oben, das Gewicht zieht nach unten und das Wasser gewinnt.
Ju	Gleichgewicht, vielleicht Luft drin, Luft muss unterm Schiff sein (Pontonvorstellung), drin muss ´ne Kuhle mit Luft sein.	Wegen der Boje, wo innen Luft drin ist.	Dann kann es an der Luft nicht liegen. Es schwimmen all die Sachen, wo der Druck gewinnt gegen das Gewicht.
Ki	Es liegt am Motor: weiß keine Erklärung, weil es keine Segel und Ruder hat.	Das Wasser drückt und das Gewicht zieht (ausw. gelernt) An den Hohlräumen, an der Fracht.	Das Schiff zieht nach unten, und das Wasser drückt das Schiff nach oben.
Mn	Hohlraum	Weil das Wasser stärker ist als der Druck des Schiffes.	Weil der Wasserdruck stärker ist als der Gewichtsdruck.

Zu den Präkonzepten

Die Antworten zeigen die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Kinder. Einige Kinder geben anfangs Erklärungen, die bestimmte Eigenschaften des Schiffes benennen (Ve, Ki). Diese Erklärungen sind noch stark an Einzelfällen orientiert. Andere Kinder machen den Hohlraum beziehungsweise die Luft verantwortlich. Diese Erklärung scheint zunehmend verallgemeinerte Erfahrungen zu repräsentieren. Andere (Me) argumentieren in einer Weise, in der das Schwimmen bereits als Wechselwirkung zwischen Wasser und Schiff verstanden wird, was der physikalischen Sichtweise sehr nahe kommt.

Zu den Postkonzepten

Die Übersicht zeigt, dass am Ende wiederum unterschiedliche Konzepte von den Schülerinnen und Schülern vertreten werden, wobei bei zehn von elf Kindern (alle bis auf Ol) erkennbar wird, dass sie nun dem Wasser eine entscheidende Rolle für das Schwimmen zuweisen.

Interessant ist, dass Me, die in der Vorbefragung als einzige bereits einen derartigen Zusammenhang äußerte, in der Postkonzepterhebung zusätzlich die Hohlraumtheorie in ihre Erklärung aufnimmt.

Zum Thema Schwimmen und Sinken hat die Arbeitsgruppe um Kornelia Möller eine Abfolge von Konzepten formuliert, mit denen der Lernzuwachs einzelner Kinder erfasst und dargestellt werden kann. Dieses Thema ist im Vergleich zu anderen Themen ausgesprochen komplex und stellt an Kinder der Grundschule hohe Ansprüche. Inwieweit sich auch für andere Themen eine derartige Abfolge formulieren lässt, mit der Lernfortschritte ähnlich charakterisiert werden können, ist noch offen.

Das dargestellte Beispiel macht zusätzlich deutlich, dass im Unterricht keineswegs immer die vollständig „richtigen“ Vorstellungen am Ende stehen müssen. Es ist bereits viel gewonnen, wenn Kinder einen sinnvollen Schritt in Richtung auf mehr Verstehen gemacht haben. Und dieser Schritt kann für jedes Kind anderswo enden.

Verständnisvolles Lernen für alle Kinder

Motivation

Bei der Frage, wie Unterricht gestaltet werden sollte, um Lernprozesse in den Naturwissenschaften zu unterstützen, ist neben kognitiven Aspekten auch die Förderung der Motivation und des Interesses an Naturwissenschaften zu berücksichtigen. Motivation und Interesse bilden einen wichtigen Ausgangspunkt für die Bereitschaft und Tiefe der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand. Empirische Studien zeigen, dass Motivation vor allem dann entsteht, wenn handlungsorientiertes Lernen ermöglicht wird und Schülerinnen und Schüler Möglichkeiten zur Mit- und Selbstbestimmung ihres Handelns haben. In einer Studie von Hartinger (2005) zeigte sich, dass Kinder sich bereits durch eine Öffnung des Unterrichts auf organisatorischer Ebene als selbstbestimmter wahrnehmen und motivierter lernen. Von hoher Bedeutung erwies sich dabei, wenn Schülerinnen und Schüler ihren Arbeitsort im Unterricht frei wählen können. Im Hinblick auf die Entwicklung von Interessen spielt dagegen eine wichtige Rolle, dass Schülerinnen und Schüler auch inhaltlich mitbestimmen können. Zur Motivation trägt zusätzlich bei, wenn die ausgewählten Themen einen engen Bezug zur Lebenswelt der Kinder aufweisen (Bannach 2004, S. 175).

Bezogen auf physikalisch-technische Themen kommt es häufig vor, dass Jungen in ihrem Umfeld stärker angeregt werden, sich mit naturwissenschaftlichen Fragen auseinander zu setzen und dadurch über wesentlich mehr Vorerfahrungen verfügen als Mädchen (Mammes 2001, Schmidt-Hollstein, Blasche 1999). Um zu vermeiden, dass Kinder mit wenigen Vorerfahrungen im Unterricht abgehängt werden, sollten Gelegenheiten geschaffen werden, in denen der Erfahrungsvorsprung zumindest teilweise aufgeholt werden kann. Dabei reichen freiwillige offene Angebote wie Ausstellungstische manchmal nicht aus. Gerade weniger motivierte Schülerinnen und Schüler sollten durch gezielte Aufgaben ermutigt werden, sich mit den Materialien auseinanderzusetzen. Fragekarten, Beobachtungsaufträge oder kleine spielerische Aufgaben können dies ermöglichen. Durch den handelnden Umgang mit den Materialien können so Anknüpfungspunkte geschaffen werden, um eigene Fragen zu entwickeln und Interesse zu wecken.

Unterrichtsgestaltung

Aus den bisherigen Ausführungen ist deutlich geworden, dass Unterrichtselemente, die den Kindern eigenes Handeln und Nachdenken ermöglichen, unverzichtbar sind. Um den unterschiedlichen Lernausgangslagen der Kinder gerecht zu werden, sind zudem differenzierte Angebote erforderlich, die ausgehend von den individuellen Vorerfahrungen individuelle Lernwege zulassen. Auf der anderen Seite erfordert anspruchsvoller naturwissenschaftlicher Unterricht aber auch strukturierende Elemente, in denen Erfahrungen und Lernergebnisse gemeinsam ausgewertet und reflektiert werden.

Wie moderner Unterricht auf der Grundlage konstruktivistischer Lerntheorien aussehen kann, hat Möller zusammenfassend dargestellt. Konstruktivistisch orientierte Lernumgebungen zeichnen sich danach durch folgende Merkmale aus (Möller 2005, S. 9):

Merkmale konstruktivistisch orientierter Lernumgebungen

- Selbstständiges Denken und entdeckendes Lernen fördern,
- ein aktives Lernen durch motivierende Fragestellungen und anregende Lernumgebungen mit Möglichkeiten zum Selber-Tun fördern,
- die Präkonzepte der Lernenden, also die Ideen, Erklärungen und Vorstellungen, die die Kinder in den Unterricht hineinbringen, berücksichtigen,
- Inhalte in sinnvolle, anwendungsbezogene Zusammenhänge, die auch im Alltag wichtig und interessant sind, einbetten,
- gemeinsame Denkprozesse in Kleingruppen und im Klassengespräch fördern,
- gemeinsame Diskussionen ermöglichen,
- die Aktivität der Lernenden durch anregendes und hilfreiches Lernmaterial unterstützen,
- ein angemessenes Maß an Mitbestimmung der Lernenden bei den Lerninhalten, Lernmethoden, Lernzielen ermöglichen und
- Reflexionsprozesse fördern.

In ähnlicher Weise stellt auch Harlen (1998, S. 196) auf Verstehen ausgerichteten naturwissenschaftlichen Unterricht dar. Sie hat ihre Vorstellungen von anspruchsvollem naturwissenschaftlichem Unterricht in der Primarstufe in Form einer Checkliste zusammengestellt, mit der Lehrerinnen und Lehrer ihren eigenen Unterricht kritisch hinterfragen können:

Checkliste zur Evaluation von Unterricht

1. Wurde den Kindern Gelegenheit gegeben, Material zu erkunden, damit zu spielen, es zu untersuchen?
2. Wurden Kinder ermutigt, Fragen zu stellen?

3. Reagierte die Lehrkraft auf Schülerfragen in der Weise, dass die Klasse gefragt wurde, was man tun könnte, um die Antwort herauszufinden oder indem die Antwort direkt gegeben wurde?
4. Stellte die Lehrkraft offene und personenzentrierte Fragen, die die Kinder einladen, ihre Ideen auszutauschen?
5. Wurden geeignete Quellen zur Verfügung gestellt, die den Kindern halfen, ihre eigenen Fragen zu beantworten?
6. Wurde den Kindern Gelegenheit gegeben, in Gruppen informell über die eigenen Ideen zu reden?
7. Hielt die Lehrkraft sich zu bestimmten Zeiten bewusst zurück, um den Kindern zuzuhören?
8. Wurden die Kinder gebeten, ihre Vorstellungen schriftlich, zeichnerisch oder auf andere Weise auszudrücken?
9. Wurden die Kinder herausgefordert, ihre Vorstellungen zu überprüfen?
10. Wurden die Kinder in der Ausbildung von Untersuchungsmethoden unterstützt?
11. Hatten die Kinder Gelegenheit, ihre Untersuchungen mündlich oder schriftlich (oder beides) darzustellen?
12. Hörten oder lasen die Kinder über das, was andere Kinder getan oder herausgefunden haben?
13. Wussten die Kinder, was sie taten, arbeiteten sie zielgerichtet und mit Zuversicht?
14. War die Lehrkraft aufmerksam für Veränderungen in den Vorstellungen der Kinder?
15. Interpretierte die Lehrkraft die Arbeit der Kinder auf der Grundlage ihrer Ideen und Fähigkeiten und nicht im Sinne einer Beurteilung nach richtig und falsch?
16. Machte sich die Lehrkraft Notizen über die Aktivitäten der Kinder und über ihre Lernentwicklung?
17. Waren die Kinder in die Diskussion und Einschätzung ihrer Arbeit eingebunden? Waren sie an der Bewertung des Lernerfolges beteiligt?
18. Wurden Benachteiligung aufgrund von Geschlecht, Herkunft, Religion, Sprache oder körperlicher Behinderung vermieden?

Frageverhalten

Harlen geht in ihrem Beitrag auch ausführlich auf das Frageverhalten ein. Fragen sollen einerseits den Kindern helfen, ihre Vorstellungen zu äußern, andererseits aber auch die Entwicklung von Vorstellungen unterstützen.

Die Form der Fragen sollte offen und personenzentriert sein. Offene Fragen sind solche, die nicht nur mit einem Wort beantwortet werden können, sondern ganze Sätze erfordern. Ein Beispiel für eine geschlossene Frage ist: „Wird das Auto auf dem Tisch weiter fahren, wenn man es auf der Rampe höher startet?“ Als offene Frage formuliert könnte es heißen: „Was für einen Unterschied macht es, wenn man das Auto höher auf der Rampe startet?“. Es ist nachvollziehbar, dass die zweite Frage das Denken in anderer Weise anregt.

Personenzentrierte Fragen stehen im Gegensatz zu inhaltszentrierten Fragen. Ein Beispiel einer inhaltszentrierten Fragen ist: „Warum ist der Eiswürfel in der Mütze langsamer geschmolzen als an der Luft?“ Eine derartige Frage legt nahe, dass „die richtige“ Antwort erwartet wird. Formuliert man die Frage um in: „Was vermutest du, warum der Eiswürfel in der Mütze langsamer geschmolzen ist?“, so sind Schülerinnen und Schüler stärker aufgefordert, ihre Ideen dazu zu äußern.

Wichtigste Fragen im Unterricht sind die nach Erklärungen und Vermutungen. Fragen nach Erklärungen sind meist Warum-Fragen. Harlen rät, Warum-Fragen nicht zu offen zu stellen. Wenn zum Beispiel ein Kind feststellt, dass Styropor sich warm anfühlt, ist die ganz offene Frage „Warum ist das wohl so?“ weniger gut geeignet als die Frage „Was denkst du, warum sich Styropor wärmer anfühlt als Metall?“

Aufforderungen zu Vorhersagen fordern Kinder heraus, ihre bisherigen Vorstellungen auf ein konkretes Problem anzuwenden. Dabei werden ihre Vorstellungen manchmal besser deutlich als wenn man sie direkt nach den Vorstellungen zu einem Sachverhalt befragt. Um etwas über Vorstellungen zur Verdunstung zu erfahren, kann man beispielsweise die Frage stellen: „Was könnten wir tun, um das nasse Handtuch schnell trocken zu bekommen und warum meinst du, könnte das funktionieren?“ Die weniger geeignete Alternative wäre: „Was passiert mit dem Wasser, wenn es verdunstet?“

Scruggs und Mastropieri (1994) weisen ergänzend darauf hin, dass lernschwache Schülerinnen und Schüler bei offenen Fragen häufig auf oberflächliche Schlüsselreize der Lehrperson oder der Mitschüler achten und weniger über die eigentliche Frage nachdenken. Die Fragen für diese Schülergruppe sollten deshalb nach Möglichkeit konkreter formuliert sein. Lehrkräfte sollten außerdem bewusst darauf achten, lernschwache Kinder in gleichem Umfang im Unterricht zu beteiligen wie leistungsstarke und ihre Antworten in gleicher Weise ernst zu nehmen und positiv zu würdigen.

Förderung von Kindern mit speziellem Förderungsbedarf

Untersuchungen belegen, dass von einem naturwissenschaftlichen Unterricht, wie er oben skizziert wurde, alle Kinder profitieren. Auch für Schülerinnen und Schüler mit Lernschwierigkeiten gilt, dass sie von kognitiv anspruchsvollem Unterricht profitieren (Möller et al. 2002, Stern, Hardy 2005) und dass sie in aktivierenden Lernumgebungen mehr lernen als bei direkter Unterweisung oder Buchunterricht (Mastropieri, Scruggs

1992, Dalton et al. 1997, Scruggs, Mastropieri 1994). Allerdings benötigen Kinder mit erheblichen Lernschwierigkeiten eine besondere Zuwendung und Betreuung durch die Lehrkraft und enger umrissene Arbeitsaufträge. Die dafür erforderlichen Freiräume lassen sich vor allem in offenen Unterrichtsphasen realisieren, die der Lehrerin oder dem Lehrer die Möglichkeit geben, sich den lernschwachen Kindern in besonderer Weise zuzuwenden.

Zur Frage, inwieweit Schülerinnen und Schüler mit Lernschwierigkeiten generell von offenem Unterricht profitieren, gibt es in der Literatur verschiedene Ansichten. Nach Bannach (2004) kommt offener Sachunterricht Kindern mit Förderungsbedarf besonders entgegen: „Kinder mit besonderem Förderbedarf werden bei diesem Sachunterrichtskonzept ermutigt, Grundqualifikationen des Arbeitens und Lernens im selbstständigen Handeln zu entwickeln und zu erproben. Ihre Förderung orientiert sich hier nicht wie im herkömmlichen Förderunterricht vorrangig an ihren Defiziten und setzt sie einem kleinschrittig aufgebauten Übungsprogramm aus. Statt vereinfachte Aufgaben von der Lehrkraft zu erhalten, können die Schülerinnen und Schüler ihr inhaltliches Interesse an komplexen Aufgaben und Projekten binden. Kinder mit Lernschwierigkeiten können sich so bei der Verfolgung anspruchsvoller Ziele und in sinnvollen Anwendungssituationen grundlegende Fähigkeiten aneignen. Die Lehrkraft begleitet den Prozess des selbstorganisierten Lernens und unterstützt an den Stellen, an denen die Schülerinnen und Schüler auf Probleme stoßen. Leistungsstarke Kinder profitieren von diesem Unterricht, da sie sich in Eigenregie in Themen und Vorhaben vertiefen können, die ihren individuellen Interessen und Lernvoraussetzungen entsprechen (Bannach 2004, S. 177f). Im Gegensatz dazu weisen andere Untersuchungen darauf hin, dass Kinder mit Lernschwierigkeiten in besonderer Weise auf ergänzende strukturierende Elemente im Unterricht angewiesen sind (vgl. Kaiser, Teiwes 2003, Jonen, Möller, Hardy 2003, Swanson 2000).

In einer Untersuchung der Forschergruppe um Kornelia Möller wurde der Bedeutung der strukturierenden Elemente näher nachgegangen. Dazu wurde offener werkstattähnlicher Unterricht zum Thema „Schwimmen und Sinken“ mit einem Unterricht verglichen, der ebenfalls offene Experimentierphasen enthielt, jedoch insgesamt klarer vorstrukturiert war und mehr strukturierende Klassengespräche enthielt. Dabei erwies sich die zweite Variante für die lernschwachen Schülerinnen und Schüler als erfolg-

reicher, und zwar nicht nur hinsichtlich des kognitiven Lernerfolgs (Jonen, Möller, Hardy 2003), sondern auch im Hinblick auf die Motivation. „Unsere Ergebnisse stützen die Annahme, dass schülerorientierte Lehr-Lernumgebungen in hochkomplexen Inhaltsgebieten des naturwissenschaftsbezogenen Grundschulunterrichts Strukturierungsanteile benötigen, um allen Kindern – insbesondere den leistungsschwachen – positive Lernerfahrungen zu ermöglichen. Eine Sequenzierung der Inhalte in Teilgebiete sowie eine strukturierende Gesprächsführung der Lehrperson fördern bei den leistungsschwachen Kindern das Empfinden von Engagement und das Erleben von Kompetenz sowie die Erfolgsszuversicht. Leistungsstarke Kinder sind hingegen weniger auf Strukturierung angewiesen. Sie können auch in hochkomplexen, wenig strukturierten Lernsituationen aufgrund ihrer guten Lernvoraussetzungen beim Lernen Engagement und Kompetenz empfinden und Erfolgsszuversicht aufbauen.“ (Blumberg, Möller, Hardy 2004, S. 53). Wenn die entsprechende Unterstützung durch die Lehrerin oder den Lehrer gewährt wird, dann können also offenbar auch leistungsschwächere Kinder von kognitiv anspruchsvollem Unterricht beachtlich profitieren (Stern, Hardy 2005, S. 369). In einer Zusammenstellung der Forschungsbefunde zur Differenzierung weist Feige (2005) darauf hin, dass für Lernschwache differenzierender Unterricht nicht-differenzierendem Unterricht überlegen ist. Dies gilt unabhängig davon, ob die Lerngruppen leistungshomogen oder -heterogen zusammengestellt sind. Entscheidend für die Wirksamkeit ist dabei auch hier die ergänzende lehrergestützte Behandlung, Wiederholung und Vertiefung des Lerninhalts. Wichtig ist außerdem, dass Schülerinnen und Schüler im Unterricht ausreichend Gelegenheit erhalten, das Gelernte eigenständig mehrfach zu rekonstruieren (Feige 2005, S. 438).

Anders als in Deutschland widmet man sich in England und Amerika bereits seit einiger Zeit der Frage, wie Kindern mit besonderem Förderungsbedarf im naturwissenschaftlichen Unterricht begegnet werden kann. In dem Begleitmaterial zum englischen „National Curriculum“ und einem amerikanischen Lehrerhandbuch (Jarrett 1999) finden sich folgende Hinweise für Unterricht bei Kindern mit Lernschwierigkeiten:

- Einen Überblick über die Unterrichtsstunde geben,
- ein klares Ziel für jede Unterrichtsstunde und jede Aktivität benennen,
- fehlende Vorerfahrungen durch Umgang mit Material ermöglichen,
- Vorwissen auffrischen,
- das Unterrichtsthema in eine Serie kleinerer überschaubarer Aktivitäten zerlegen,
- das Anspruchsniveau reduzieren,

- Informationen explizit und direkt geben,
- überlange Anweisungen vermeiden,
- Zwischenkontrollen ermöglichen,
- alle Kinder in Diskussionen einbeziehen, insbesondere bei der Rückschau,
- kreative und unorthodoxe Beispiele, Vermutungen, Vorgehensweisen loben,
- Interaktionen bei Experimenten unterstützen,
- enthusiastisch unterrichten,
- zusätzliche Wiederholungen einbauen,
- lehrerzentrierte Phasen (Tafelarbeit, Diktat) reduzieren,
- Routinen einüben und nutzen,
- Strategien zum Memorieren von Begriffen einsetzen,
- Textarbeit reduzieren,
- Bilder zur grafischen Unterstützung einsetzen,
- Erwachsene einbeziehen, die beim Lesen und Schreiben helfen.

Gelegentlich wird vorgeschlagen, dass Kinder auch durch Kooperation mit leistungsstarken Mitschülern in ihrem Lernen unterstützt werden. Untersuchungen zeigen allerdings, dass dies im Hinblick auf die Förderung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Sachverhalte nicht der Fall ist. Wohl aber steigt dadurch die soziale Eingebundenheit, die für die Entwicklung von Motivation und Interesse wesentlich ist. Auch für die Ausbildung von Fertigkeiten können Kinder aus der Kooperation mit Mitschülern profitieren (Scruggs, Mastropieri 1994).

Die Ausführungen zeigen insgesamt deutlich, dass Schülerinnen und Schüler mit Lernschwierigkeiten von Lehrkräften mehr Zuwendung und mehr Hilfestellung benötigen. Es wäre für Lehrerinnen und Lehrer sicherlich eine erhebliche Entlastung, wenn auch bei uns für die Betreuung von Kindern mit Lernschwierigkeiten zusätzliche Personen im Unterricht eingesetzt würden.

Zusammenfassung

In diesem Modul wurde der Frage nachgegangen, welche Lernschwierigkeiten beim Lernen von Naturwissenschaften auftreten können und wie man ihnen im Unterricht angemessen begegnen kann. Anders als in der Mathematik ist der Begriff der Lernschwierigkeiten in den Naturwissenschaften nicht etabliert. Die Forschungen der letzten 30 Jahre haben als eine wesentliche Quelle für Schwierigkeiten beim Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten die Vorstellungen erkannt, mit denen Schülerinnen und Schüler in den Unterricht kommen und die mit physikalischen Vorstellungen meist nicht vereinbar sind. Aus diesem Grund wurde auf die mit den Schülervorstellungen verbundenen Lernschwierigkeiten in diesem Modul besonders ausführlich eingegangen. Um Schülerinnen und Schüler in ihren Lernprozessen zu unterstützen, ist es notwendig, sich zu den verschiedenen Phasen des Lernprozesses ein Bild von den Vorstellungen der Kinder zu machen. Dabei kommt der Erfassung der Konzepte zu Beginn des Lernprozesses eine besondere Bedeutung zu. Hierzu wurden einige methodische Hinweise benannt. Ausgehend von den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen lassen sich ggf. differenzierte Lernangebote machen, die den Schülerinnen und Schülern helfen, ihre Konzepte ihrem Lernstand entsprechend weiterzuentwickeln und so individuelle Lernfortschritte zu ermöglichen. Die Untersuchungen von Möller et al. weisen aber auch darauf hin, dass strukturierende Elemente vor allem für lernschwache Kinder von großer Bedeutung sind. Offenbar kommt es auf das richtige Maß an Individualisierung und Selbstständigkeit auf der einen Seite und behutsame Lenkung und Strukturierung durch die Lehrkraft auf der anderen Seite an. Der Blick auf die Lernprozesse ist dabei jedoch in beiden Fällen ein entscheidender Schlüssel für erfolgreiches Unterrichten. Aus pädagogischer Perspektive ist der Begriff der Lernschwierigkeiten häufig mit der Schülergruppe assoziiert, die sich im Notenspektrum im unteren Bereich wiederfinden. Auch zum Umgang mit dieser Lerngruppe wurden im letzten Abschnitt einige Hinweise zusammengetragen.

Literatur

- Bannach, M. (2004). Fördern im Sachunterricht. In: Kaiser, A., Pech, D. (Hrsg.). Lernvoraussetzungen und Lernen im Sachunterricht. Basiswissen Sachunterricht, Band 4. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 173-180.
- Biester, W. (1991). Denken über Natur und Technik. In: Biester, W. (Hrsg.). Denken über Natur und Technik. Zum Sachunterricht in der Grundschule. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 24-67.
- Black, P., Harlen, W. (1998). Nuffield Primary Science, Ages 5-7. Light. Teacher's Guide. London: Collins Educational.
- BLK – Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (2004). SINUS-Transfer Grundschule – Weiterentwicklung des mathematisch und naturwissenschaftlichen Unterrichts an Grundschulen. Gutachten des Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) Kiel. Heft 112. Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung.
- Blumberg, E., Möller, K., Hardy, I. (2004). Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit von der Leistungsstärke? In: Bos, W. et al. (Hrsg.). Heterogenität. Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung. Münster: Waxmann, S. 41-56.
- Brecht, B. (1971). Geschichten vom Herrn Keuner. Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag.
- Carle, U. (2004). Förderdiagnostik im Sachunterricht. In: Kaiser, A., Pech, D. (Hrsg.). Lernvoraussetzungen und Lernen im Sachunterricht. Basiswissen Sachunterricht, Band 4. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 187-193.
- Dalton, B., Morocco, C., Tivnan, T., Mead, P. (1997). Supported inquiry science. Teaching for conceptual change in urban and suburban science classrooms. *Journal of learning disabilities*, 30, 6, S. 670-684.
- Duit, R. (1989). Vorstellung und Experiment – von der eingeschränkten Überzeugungskraft experimenteller Beobachtungen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* 37, 48, S. 37-39.
- Duit, R. (1997). Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht – Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht in der Primarstufe. In: Köhnlein, W. et al. (Hrsg.). *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 233-246.
- Duit, R. (2004). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/piko_Brief_1_Schuelervorstellungen_RD_040625.pdf.
- Einsiedler, W. (1997). Probleme und Ergebnisse der empirischen Sachunterrichtsforschung. In: Marquardt-Mau, B. et al. (Hrsg.). *Forschung zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 18-42.
- Farmery, C. (2002). *Teaching Science 3-11. The Essential Guide*. London/New York: Continuum.
- Feige, B. (2005). Differenzierung. In: Einsiedler, W. et al. (Hrsg.). *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 430-439.
- Harlen, W. (1998). Teaching For Understanding in Pre-Secondary Science. In: Fraser, B.J., Tobin, K.G. (Hrsg.). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, S. 183-197.

- Harter, A. (2005). Verschiedene Formen der Öffnung von Unterricht und ihre Auswirkungen auf das Selbstbestimmungsempfinden von Grundschulkindern. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 3, S. 397-414.
- Helbig, P. (2005). Schüler mit Lernschwierigkeiten. In: Einsiedler, W. et al. (Hrsg.). *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 187-196.
- Jarrett, D. (1999). *The inclusive classroom. Mathematics and science instruction for students with learning disabilities*. Portland, Oregon: Northwest Regional Educational Laboratory.
(download <http://www.nwrel.org/msec/images/resources/justgood/09.99.pdf>).
- 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. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts 13*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 93-108.
- Jung, W., Reul, H., Schwedes, H. (1977). *Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6*. Frankfurt/Main: Diesterweg.
- Kahlert, J. (2002). *Der Sachunterricht und seine Didaktik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Kaiser, A. (2000). *Lexikon Sachunterricht*. Baltmannsweiler, Schneider Verlag Hohengehren.
- Kaiser, A., Teiwes, K. (2003). Handelndes Lernen im Sachunterricht – auch für Kinder mit besonderem Förderungsbedarf? In: Cech, D., Schwier, H.-J. (Hrsg.). *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts 13*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 173-186.
- Mammes, I. (2001). *Förderung des Interesses an Technik. Eine Untersuchung zum Einfluss technischen Sachunterrichts auf die Verringerung von Geschlechterdifferenzen im technischen Interesse*. Frankfurt am Main, Peter Lang.
- Mastropieri, M.A., Scruggs, T.E. (1992). Science for students with disabilities. *Review of educational research*, 62, 4, S. 377-411.
- Möller, K. (1999). Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozeßforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Köhnlein, W., Marquardt-Mau, B., Schreier, H.: *Vielperspektives Denken im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 125-191
- Möller, K. (Hrsg.). (2005). *Klasse(n)kisten für den Sachunterricht. Lehrerhandreichung zum Thema Schwimmen und Sinken*. Essen: Spectra-Verlag.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, S. 176-191.
- Müller, R., Wodzinski, R., Hopf, M. (Hrsg.). (2004). *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Pech, D., Kaiser, A. (2004). Lernen lernen? Grundlagen für den Sachunterricht. In: Kaiser, A., Pech, D. (Hrsg.). *Lernvoraussetzungen und Lernen im Sachunterricht. Basiswissen Sachunterricht, Band 4*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren, S. 3-28.
- Schlichting, H. J. (1991). Zwischen common sense und physikalischer Theorie – wissenschaftstheoretische Probleme beim Physiklernen. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht* 44, 2, S. 74ff.

- Schmeinck, D. (2004). Lernvoraussetzungen von Grundschulkindern in ausgewählten naturwissenschaftlichen Problemfeldern – ein Überblick über die aktuelle Forschung. In: Schmeinck, D. (Hrsg.). Forschungen zu Lernvoraussetzungen von Grundschulkindern. Wie Kinder die Welt sehen. Karlsruher pädagogische Studien 3. Norderstedt: Books on Demand GmbH.
- Schmidt-Hollstein, D., Blaschke, C. (1999). Wenn der Strom ausfällt ... Unterschiedliche Voraussetzungen im Sachunterricht. *Grundschule*, 12, S. 41-43.
- Scruggs, T.E., Mastropieri, M.A. (1994). The construction of scientific knowledge by students with mild disabilities. *The journal of special education* 28, 3, S. 307-321.
- 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: Verlag Julius Klinkhardt, S. 37-58.
- Stern, E., Hardy, I. (2005). Anspruchsvolle Lernaufgaben. In: Einsiedler, W. et al. (Hrsg.). *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 396-402.
- Swanson, H.L. (2000). What instruction works for students with learning disabilities? Summarizing the results from a meta-analysis of intervention studies. In: Gersten, R., Schiller, E., Vaughn, S. *Contemporary special education research. Syntheses of the knowledge base on critical instructional issues*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- von der Groeben, A. (2001). Literalität: Modewort, alter Hut oder neue Aufgabe? *Pädagogik* 6, 6.
- Wiesner, H. (1995). Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre. In: *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe* 23, 2, S. 50-58.
- Wodzinski, R. (2002). Sind Wollpullis wirklich warm? Alltagsphänomene zur Wärme physikalisch betrachtet. In: *Die Grundschulzeitschrift* 154, S. 10-13.
- Zielinski, W. (1998). *Lernschwierigkeiten. Ursachen – Diagnostik – Intervention*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Zolg, M. (2001). Das Fahrrad – ein integratives Thema für den Sachunterricht. *Materialbeilage zu: Grundschulunterricht* 2, S. 1-16.

Anhang

Berichte über Untersuchungen zu Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht (Auswahl). Siehe auch: <http://www.paed.uni-muenchen.de/supra/>

- Blumör, R., Wiesner, H. (1992). Das Spiegelbild. Untersuchungen zu Schülervorstellungen und Lernprozessen (Teil 1 und 2). In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 20, 1, S. 2-6 und 50-54.
- Jonen, A., Hardy, I., Möller, K. (2003). Schwimmt ein Holzbrett mit Löchern? Erklärungen von Kindern zum Schwimmen und Sinken verschiedener Gegenstände vor und nach dem Unterricht. In: Speck-Hamdan et al. (Hrsg.). Kulturelle Vielfalt. Religiöses Lernen. Seelze: Kallmeyer'sche Verlagsbuchhandlung. S. 159-164.
- Kircher, E., Engel, C. (1994). Schülervorstellungen über Schall. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 22, 2, S. 53-57.
- Kircher, E., Rohrer, H. (1993). Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 21, 8, S. 336-342.
- Nussbaum, J. (1980). Vorstellungen von Kindern über die Erde als einen kosmischen Körper. In: *physica didactica* 7, S. 1-16.
- Sommer, C. (2002). Wie Grundschüler sich die Erde im Weltall vorstellen – eine Untersuchung von Schülervorstellungen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 8, S. 85-102.
- Stork, E., Wiesner, H. (1981). Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre und Sachunterricht. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 9, S. 218-230.
- Wiesner, H. (1991). Vorstellungen von Grundschulern über Schattenphänomene. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 19, 4, S. 155-171.
- Wiesner, H. (1992). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten mit dem Spiegelbild. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* 3, Heft 14, S. 16-18.
- Wiesner, H. (1995). Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 23, 2, S. 50-58.
- Wiesner, H., Claus, J. (1985). Vorstellungen zu Schatten und Licht bei Schülern der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 13, S. 318-322.
- Wiesner, H., Stengl, D. (1984). Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 12, S. 445-452.
- Wulf, P., Euler, M. (1995). Ein Ton fliegt durch die Luft – Vorstellungen von Primarstufenkindern zum Phänomen Schall. In: *Physik in der Schule*, 33, S.7-8 und 254-260.