

Arbeitspapiere

zum Ausbildungstag

Block 2, AV4

Phänomene der unbelebten Natur

A-GS-SUG-0148



Veranstaltung

30.04.2025

Grundschule Alter Landweg, Kaltenkirchen

Inhalte

- Unterrichtshospitation
- Wiederholung natürliche Lebensräume
- Thesenprüfung
- beispielhafte Unterrichtsvorbereitung
- praktische Arbeiten
- technische Erfindungen, Hebel

Literatur

verbindlich

- Patricia Grygier/Andreas Hartinger - Grundschulkinder als Forscher
- Brunhilde Marquardt-Mau - Ansätze zur Scientific Literacy
- Kornelia Möller - Naturwissenschaftlicher Sachunterricht

weiterführend

- Rita Wodzinski - Experimente

Folien zur Veranstaltung

Phänomene der unbelebten Natur

A-GS-SUG-0148

Frauke Heinemann



Phänomene der unbelebten Natur

Phänomene der unbelebten Natur

Phänomene der unbelebten Natur sind Naturerscheinungen, die sich an den Gesetzen der Physik orientieren und nicht von Lebewesen beeinflusst werden.

belebte/unbelebte Natur

- **Belebte Objekte**, wie Pflanzen und Tiere, reagieren auf ihre Umgebung und können sich anpassen.
- **Unbelebte Objekte**, wie Gestein, Wasser, Luft, folgen den Gesetzen der Physik und können sich nicht von selbst verändern.

Didaktische Überlegungen

- Kompetenzorientierung
- Handlungsorientierung
- Lebensweltbezug
- Interdisziplinarität
- Differenzierung
- Einsatz von Medien

Alltagsrelevanz: Kinder erleben Wetter, Wasser und Licht täglich.

Experimentiermöglichkeiten: Viele Themen lassen sich durch einfache Versuche erfahrbar machen.

Förderung des naturwissenschaftlichen Denkens: Kinder lernen, Hypothesen zu bilden und zu überprüfen.

Umweltbewusstsein: Verständnis für natürliche Prozesse fördert nachhaltiges Handeln.

entdeckendes Lernen

- eigenständige Auseinandersetzung mit der Umwelt
- Kinder mit Problemen konfrontieren und eigene Erfahrungen machen
- **Jerome Bruner** - entdeckendes Lernen bewirkt:
 1. Transferförderung – Neu erschlossene Inhalte werden vom Kind in die vorhandene Wissensstruktur eingebettet
 2. Problemlösefähigkeit - Kann ein Kind eine Fragestellung selbstständig angehen, analysieren, Hypothesen bilden und diese auch überprüfen, so hat es gelernt zu lernen.
 3. Intuitives Lernen - Vertrautheit mit einem Lerngegenstand ermöglicht „Geistesblitze“, also die Fähigkeit, intuitiv zu lernen.
 4. Förderung der intrinsischen Motivation - Neugierige Kinder sind motiviert, selbst Lösungen zu finden

Themen

- **Wetter und Klima:** Temperatur, Niederschlag, Wind, Jahreszeiten.
- **Wasser:** Aggregatzustände, Wasserkreislauf, Bedeutung für die Umwelt.
- **Luft und Atmosphäre:** Zusammensetzung der Luft, Luftdruck, Windphänomene.
- **Erde und Gesteine:** Bodenarten, Erosion, Vulkanismus.
- **Magnetismus und Elektrizität:** Magnetfelder, einfache Stromkreise.
- **Schall und Licht:** Reflexion, Brechung, Schallausbreitung.
- **Kräfte und Bewegung:** Schwerkraft, Reibung, Hebelwirkung.

Scientific literacy

- naturwissenschaftliche Grundbildung
- Fähigkeit, wissenschaftliche Konzepte und Methoden zu verstehen und kritisch zu hinterfragen
- Wissenschaftliche Erkenntnisse nehmen zunehmend mehr Einfluss auf unseren Alltag



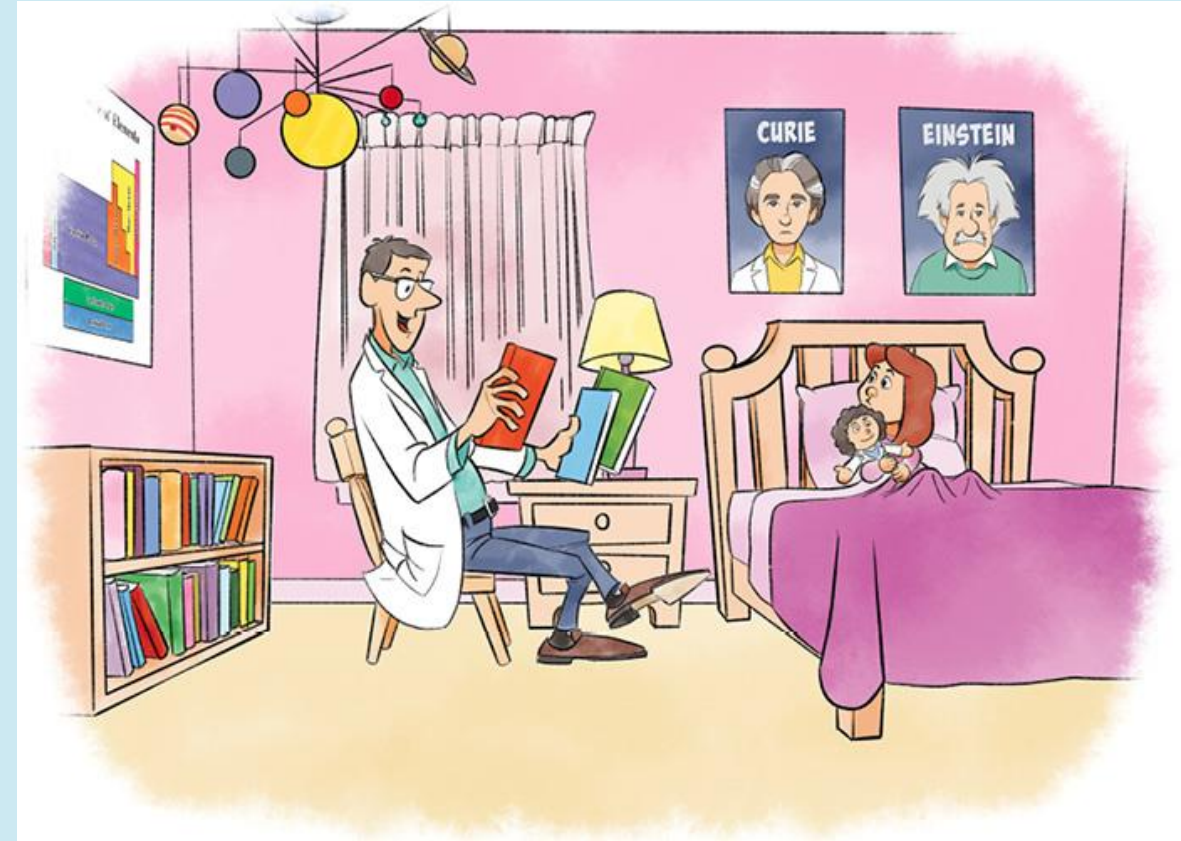
Wissenschaftliches Denken

- Fähigkeit, Hypothesen aufzustellen, Experimente durchzuführen
- Ergebnisse kritisch bewerten
- Wissenschaftliches Denken hilft logische Schlussfolgerungen zu ziehen und Fakten von Meinungen zu unterscheiden
- Teilnahme an Diskussionen



Entwicklung von Scientific Literacy in der Bildung

- Grundlage in der Grundschule
- keine reine Wissensvermittlung
- Fähigkeit zur kritischen Reflexion
- SuS sollen Fragen stellen
- Experimente durchführen
- naturwissenschaftliche Prinzipien auf den Alltag übertragen



Alltagsbeispiele über das Klassenzimmer hinaus

- Impfungen – Wer die wissenschaftlichen Grundlagen versteht, kann fundierte Gesundheitsentscheidungen treffen.
- Nachhaltigkeit – Kenntnisse über Umweltprozesse helfen uns, bewusste Entscheidungen zu treffen.
- Ernährung – Wissenschaftliches Wissen unterstützt uns dabei, gesunde und ausgewogene Ernährungskonzepte zu verstehen.

Herausforderungen für die Scientific Literacy

- Wissenschaftsskepsis nimmt zu
- Desinformation verbreitet sich durch soziale Medien schneller denn je
- Viele Menschen stehen wissenschaftlichen Erkenntnissen misstrauisch gegenüber, weil sie schwer verständlich erscheinen oder nicht direkt in ihr Weltbild passen
- deshalb umso wichtiger, Wissenschaft verständlich und zugänglich machen.

Naturwissenschaftlicher Sachunterricht

Zentrale Begrifflichkeiten

1. **Forschendes Lernen** – Schüler entdecken Phänomene durch eigene Experimente.
2. **Alltagsbezug** – Naturwissenschaftliche Inhalte werden an bekannte Erlebnisse geknüpft.
3. **Kompetenzorientierung** – Förderung von Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz.
4. **Konzepte der Naturwissenschaften** – Gesetzmäßigkeiten wie Schwerkraft, Magnetismus, Aggregatzustände.
5. **Modellbildung** – Vereinfachte Darstellungen von realen Prozessen (z. B. Wasserkreislauf).
6. **Interdisziplinarität** – Verbindung zu anderen Fächern wie Mathematik, Geografie oder Technik.
7. **Nachhaltigkeit** – Umweltbewusstsein fördern durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse.
8. **Beobachten und Experimentieren** – Systematische Vorgehensweise zur Erkenntnisgewinnung.
9. **Kommunikation von Wissen** – Schüler lernen, ihre Erkenntnisse zu erklären und zu reflektieren.
10. **Naturwissenschaftliche Denkweise** – Hypothesenbildung, Prüfen von Annahmen und kritisches Hinterfragen.

Probleme und Herausforderungen

1. Abstraktionsfähigkeit der Schüler
2. Fehlende Vorerfahrungen
3. Sprachliche Barrieren
4. Experimentelle Umsetzung
5. Motivation der Schüler
6. Verknüpfung mit Alltag
7. Fehlendes Wissen über Wissenschaftlichkeit
8. Didaktische Reduktion
9. Medieneinsatz
10. Bewertung naturwissenschaftlicher Leistungen

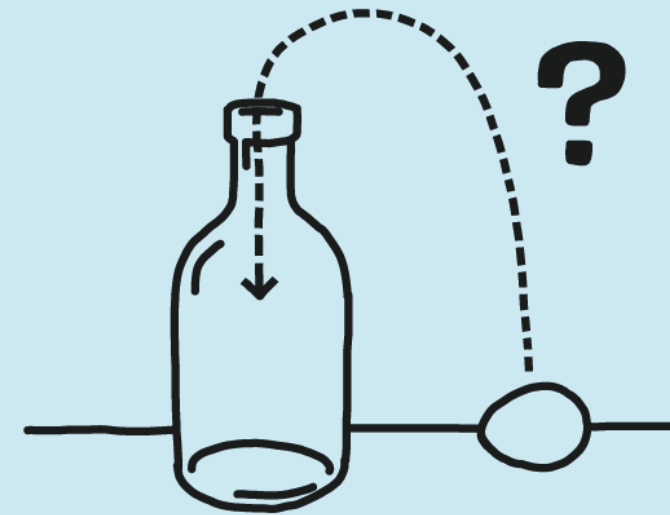
Versuch vs. Experiment

Versuch:

- Unsystematische Beobachtung oder Demonstration.
- Oft ohne Hypothese oder gezielte Fragestellung.
- Kann spontan oder improvisiert sein.
- Beispiel: Kinder beobachten, wie Zucker sich im Wasser löst.

Experiment:

- Systematisch angelegte Untersuchung.
- Klare Hypothese, kontrollierte Bedingungen.
- Ziel: Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge nachweisen.
- Beispiel: Untersuchung, ob die Temperatur die Löslichkeit von Zucker beeinflusst.



Didaktische Bedeutung und Anwendung im Unterricht

Versuch in der Schule:

- Fördert Neugier und spielerisches Entdecken.
- Geringe Vorbereitung, leicht umsetzbar.
- Eignet sich besonders für jüngere Schüler.

Experiment in der Schule:

- Fördert wissenschaftliches Denken und Problemlösung.
- Entwickelt analytische Fähigkeiten.
- Erfordert methodisches Vorgehen und Dokumentation.

Auswirkungen auf den Unterricht und Fazit

- Kombination von Versuch und Experiment notwendig.
- Versuch als Einstieg, Experiment zur Vertiefung.
- Förderung von Kompetenzen: Beobachtung, Reflexion, Analyse.

Hebelwirkung

Wo liegen Drehpunkt, Kraft und Last?



Ausbalancieren







Goldene Regel der Mechanik

Die goldene Regel der Mechanik besagt, dass man bei Verwendung von Kraftwandlern (wie Hebel, Flaschenzüge oder schiefe Ebenen) Kraft sparen kann, aber dafür einen größeren Weg zurücklegen muss, um die gleiche Arbeit zu verrichten. Das Produkt aus Kraft und Weg bleibt dabei gleich.

Goldene Regel der Mechanik

- **Kraft sparen:**

Bei Verwendung eines Kraftwandlers wird die benötigte Kraft reduziert, um einen Körper anzuheben oder zu bewegen.

- **Weg erhöhen:**

Um die gleiche Arbeit zu verrichten, muss man dafür einen größeren Weg zurücklegen oder eine größere Strecke überwinden.

- **Energieerhaltungssatz:**

Die goldene Regel drückt den Energieerhaltungssatz für ideale, reibungslose Systeme aus.

- **Ideale Systeme:**

Die Regel gilt nur für Systeme, in denen Reibung vernachlässigbar ist.

verbindliche Literatur

Auf dem Weg zum naturwissenschaftlichen Experimentieren

Grundschul Kinder als Forscher

Patricia Grygier/Andreas Hartinger Die hier beginnende Kurzserie will einen Vorschlag machen, wie man die Komplexität von Versuchen und Experimenten allmählich steigern kann und dazu jeweils geeignete Versuche und Experimente – zusammen mit den jeweiligen inhaltlichen Erklärungen – vorstellen.

Was will diese Kurzserie?

Unser Hauptziel ist, Sie mit dieser Serie zu ermutigen, mit Ihren Kindern im Sachunterricht naturwissenschaftliche Experimente und Versuche gezielt und reflektiert durchzuführen.

Es muss unseres Erachtens inzwischen nicht mehr groß begründet werden, dass Experimente und Versuche einen festen Platz im Sachunterricht der Grundschule haben sollten. Zu eindeutig sind die Hinweise darauf, dass sie 1.) eine wichtige Motivationsquelle für die Schülerinnen und Schüler sind, dass 2.) durch das eigenaktive und anschauungsgebundene Tun gute Voraussetzungen dafür gegeben sind, dass die entsprechenden Inhalte gut verstanden werden, und dass nicht zuletzt 3.) die Fähigkeit, Experimente durchzuführen ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Lernens ist (vgl. ausführlicher z. B. GDSU 2002; Grygier & Hartinger 2009). Allerdings ist – insbesondere für die Ziele 2.) und 3.) – die Qualität des Experimentierens entscheidend. In einigen Studien konnte festgestellt werden, dass gerade beim naturwissenschaftlichen Lernen manchmal eine Art »praktizistisches Verständnis« vorherrscht. Im Vordergrund steht dabei, dass die Kinder irgendwie »herumexperimentieren« (im Englischen ganz gut als »hands-on activities« bezeichnet) und kaum darauf geachtet wird, inwieweit diese Versuche dazu

beitragen, dass bestimmte Erkenntnisse deutlich werden, dass sich bei den Kindern keine falschen Konzepte aufbauen oder dass dadurch das Experimentieren selbst geübt wird (Kleickmann 2008).

Wir denken, dass es daher für den Unterricht in der Grundschule sinnvoll ist, zwischen verschiedenen Formen des »Experimentierens« zu unterscheiden, um deutlich zu machen, welche unterschiedlichen Ziele damit erreicht werden sollen. Dies wollen wir zunächst darlegen.

Was sind Experimente?

Wir werden im Folgenden zwischen vier Begriffen unterscheiden, die als Gemeinsamkeit haben, dass sie alle in der Alltagssprache als »Experimente« bezeichnet werden, die jedoch unterschiedliche Ausrichtungen bzw. Schwerpunktsetzungen und damit auch unterschiedliche Ziele haben. Wir beziehen uns dabei ausschließlich auf Schülerexperimente, da wir sie für die Grundschule als zentral erachten – ohne abstreiten zu wollen, dass vorgeführte Lehrerexperimente auch eine Bedeutung für den Unterricht haben können.

1. Experimente

Bei Experimenten stehen zu Beginn eine echte Fragestellung und/oder eine Vermutung der Kinder. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich dann bemühen, diese Fragestellung selbstständig zu bearbeiten und zu beantworten. Es geht also auch darum, dass sich die Kinder vor dem eigentlichen »Experimentieren« darüber klar werden müssen, wie sie die Frage beantworten können. Im Unterschied zur klassischen, wissenschaftlichen Definition eines Experiments verzichten wir bei Schülerexperimenten darauf, dass zu Beginn eine echte Hypothese stehen muss (wenn man eine Hypothese als eine Vermutung bezeichnet, die in sich stimmig aus einer Theorie abgeleitet wird). Dies ist unseres Erachtens von Kindern im Grundschulalter im Normalfall nicht zu leisten. Was man aber erwarten kann, ist, dass sie Vermutungen abgeben (manchmal ja auch nicht inhaltlich begründet, sondern eher mit: »Meine Mama/mein Papa hat mir gesagt, dass es so ist!«) und sie sich dann überlegen, wie diese Vermutung überprüft werden kann.

Experiment und Versuch müssen einen festen Platz im Sachunterricht haben.

Die Materialien zu diesem Beitrag

- M 1 Kügelchen in die Flasche/Tinte in Wasser und Öl 1 ☐
- M 2 Kügelchen in die Flasche/Tinte in Wasser und Öl 2 ☐
- M 3 Unterbrochene Linie/Fingertäuschung ☐
- M 4 Drehende Scheiben
- M 5 Quellenangaben

Literatur

- GDSU (2002): Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2009). Gute Aufgaben Sachunterricht. Naturwissenschaftliche Phänomene begreifen. Berlin: Cornelsen.
- Kleickmann, T. (2008): Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis. Münster: Inauguraldissertation.
- Köster, H. (2007): Freies Explorieren und Experimentieren – eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. Berlin: Logos.
- Köster, H. & Hartinger, A. (2006). Kann eine Colaflasche schwitzen? In: Grundschule, 38, H. 8, S. 60–63.
- Wiebel, K. H. (2000). »Laborieren« als Weg zum Experimentieren im Sachunterricht. In: Grundschulzeitschrift, 139, S. 44–47.

2. Versuche

Als Versuche bezeichnen wir dagegen all die Schüleraktivitäten, in denen die Kinder vorgegebene Schritte durchführen, diese dann gegebenenfalls dokumentieren, zu erklären versuchen u. Ä. Nach unserer Erfahrung ist dies die häufigste Form, in der das naturwissenschaftliche Lernen in der Grundschule geschieht.

Bei solchen Versuchen steht nicht das eigenständige Problemlösen im Vordergrund, da die Schülerinnen und Schüler nicht aufgefordert werden, eine Fragestellung selbstständig zu lösen. Sicherlich werden jedoch durch (gute) Versuche wichtige Teilfähigkeiten unterstützt, die für das eigenständige Experimentieren von Bedeutung sind, wie z. B. das Aufstellen von Vermutungen, das genaue Beobachten oder das vergleichende Überprüfen. In Versuchen ist es auch gut möglich, ein interessantes oder verblüffendes Phänomen zu präsentieren, das die Schülerinnen und Schüler zum Fragen anregt. Auch deshalb sind Versuche immer wieder gut dazu geeignet, dass die Kinder eine Fragestellung entwickeln, die dann weiter überprüft werden kann.

3. Laborieren

Der Begriff »Laborieren« wurde von Karl-Heinz Wiebel in die Diskussion eingebracht (2000). Wiebel bezeichnet damit ein »vorstrukturiertes Experimentieren« (2000, S. 45), in dem den Schülerinnen und Schülern z. B. gezeigt wird, wie sie eine bestimmte Hypothese überprüfen können. Wie beim Experimentieren steht am Beginn des Laborierens eine Frage. Weil nicht zu erwarten ist, dass Kinder im Grundschulalter von vorne herein in der Lage sind, selbstständig den Fragen (im obigen Sinne) experimentierend nachzugehen oder auch, weil die experimentelle Überprüfung für manche Fragen ohne das entsprechende Vorwissen nicht möglich ist, soll durch die Lehrperson Hilfestellung geleistet werden. Diese kann z. B. darin bestehen, dass gezeigt wird, welcher Versuch geeignet ist, um die Fragestellung zu beantworten, wie man die Daten angemessen notiert und/oder auswertet oder wie man die neuen Erkenntnisse auf die Fragestellung (oder auf weitere Fragen) übertragen kann.

Ziel ist hier, dass den Schülerinnen und Schülern, die noch nicht in der Lage sind, selbstständig zu experimentieren, genau die Hilfen gegeben werden, die sie benötigen.

Unter den Begriff des Laborierens fassen wir zudem – aus dem enthaltenen Wort »Labor« abgeleitet – im Normalfall Versuche, die auch einen gewissen Anspruch bzgl. der Durchführung haben, weil sie z. B. sehr sorgfältig ausgeführt werden müssen oder weil sie bestimmte Materialien benötigen, die nicht alltäglich sind (wie z. B. Pipetten, Kohletabletten, Magnetrührer o. Ä.).

4. (Freies) Explorieren

Mit dem Begriff »Explorieren« verbindet sich v.a. der Name Hilde Köster. Sie bezeichnet damit eine sehr freie Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Materialien und/oder Themen und hat in einer empirischen Studie überprüft, inwieweit dies von Schülerinnen und Schülern konstruktiv genutzt wird (Köster 2007). Beim Explorieren beschäftigen sich Kinder mit Materialien in freier Form. Kinder können bestimmte Vorgaben (wie z. B. Versuchsanleitungen) nutzen, sie können jedoch auch eigene Ideen entwickeln und sich mit den Materialien spielerisch und kreativ beschäftigen.

Abgesehen davon, dass es wohl möglich ist, dass die Schülerinnen und Schüler über ein solches freies Explorieren letztlich zu einem zielgerichteten Experimentieren kommen können (vgl. Köster 2007), stehen die Förderung von Interesse und Kreativität durch die eigenständige, aktive und erfahrungsbezogene Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Gegenständen im Vordergrund des freien Explorierens.

Zusammenfassung

Letztlich kann man die vier Begriffe grob und etwas vereinfachend dargestellt, in eine Vier-Felder-Tafel (s. Randspalte) einordnen mit den zwei Dimensionen: »Fragestellung zu Beginn vorhanden/nicht vorhanden« und »Vorgehensweise vorgegeben/nicht vorgegeben«.

Die genannte Unterscheidung ist aus zwei Gründen eher als Orientierung und nicht als festes System gedacht. Zum einen gibt es immer wieder »Graustufen«, wenn z. B. die Vorgehensweise zwar nicht völlig freigegeben ist, allerdings verschiedene Spielräume offen lässt. Und zum anderen – dies ist uns sehr wichtig, und wir werden in den einzelnen Beispielen der Serie immer wieder darauf eingehen – ist häufig die Darbietung und nicht der Versuch selbst dafür entscheidend, ob die Aktivität der Kinder beispielsweise ein Versuch oder ein Experiment wird.

Schritte zum Experimentieren

Das Experimentieren ist zugleich ein Weg und ein Ziel des naturwissenschaftlichen Lernens. Und da man nicht davon ausgehen kann, dass die Schülerinnen und Schüler dieses Ziel (also die Fähigkeit zum Experimentieren) schon von Anfang an beherrschen, sind das Durchführen von Versuchen, das Laborieren und das Explorieren mögliche Schritte auf dem Weg zu diesem Ziel. Wir schlagen dazu eine Art »Curriculum« mit sieben Schritten auf dem Weg zum Experimentieren vor, aus denen sich die Gliederung dieser Kurzserie bildet (vgl. dazu auch Köster & Hartinger 2006; Grygier & Hartinger 2009):

	Fragestellung vorhanden	Fragestellung nicht vorhanden
Vorgehensweise vorgegeben	Laborieren	Versuch
Vorgehensweise nicht vorgegeben	Experimentieren	Explorieren

- (1) grundlegendes Klären des »Experimentierens«
- (2) Versuche durchführen
- (3) Laborieren
- (4) Versuche mit Parametervariation/
Variablenveränderung
- (5) Untersuchen von »Stimmt das?«-Fragen
- (6) Knobelaufgaben/»science projects«
- (7) eigene Fragestellungen experimentell lösen

Die Kurzserie orientiert sich an dieser Reihung – wir werden in den Beiträgen der kommenden Hefte dann jeweils in kurzen theoretischen Einführungen die einzelnen Schritte etwas genauer ausführen.

Die (didaktische) Logik dieser sieben Schritte ist zum einen die, dass bestimmte erforderliche »Techniken« eingeübt werden können, und dass zum anderen die von den Kindern eingeforderten Eigenleistungen allmählich gesteigert werden. Die sieben Schritte sind jedoch nicht so zu verstehen, dass sie streng nacheinander durchzuführen wären – sie dienen eher einer groben Orientierung. Dies gilt im besonderen Maße, da wir davon ausgehen können, dass die Kinder einer Klasse sehr unterschiedliche Vorerfahrungen und Vorkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Versuchen haben.

Im Unterrichtsalltag wird es viele Überschneidungen und Überlappungen zwischen den verschiedenen Schritten geben, die wir durchaus auch unterstützen wollen. So sollten die Schülerinnen und Schüler durchgängig die Möglichkeit haben, einfache faszinierende Versuche durchzuführen – auch wenn sie schon in der Lage sind, komplexe Knobelaufgaben lösen zu können. Das freie Explorieren – wir haben es in dieser Auflistung nicht gesondert erwähnt, weil es sich unserer Systematik entzieht – sollte in gleicher Weise parallel ermöglicht werden, weil die dadurch zu erwartende Förderung von Motivation und Kreativität sicherlich unterstützend wirkt.

Grundlegendes Klären des »Experimentierens«

In diesem ersten Teil der Kurzserie stellen wir vier Versuche vor, die uns geeignet erscheinen, wichtige Merkmale bzgl. des Experimentierens als Weg des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns deutlich zu machen.

- a) Es gibt einen Unterschied zwischen einer Vermutung und einer Evidenz. (Im Sprachgebrauch mit den Kindern ist es unseres Erachtens – auch wenn es streng genommen falsch ist – sinnvoll von »Beweisen« anstelle von Evi-

denzen zu sprechen. Eine korrektere Alternative wäre der Begriff »Beleg«.)

In diesem Zusammenhang ist auch zu erkennen, dass »demokratische« Grundmuster hier nicht tragen. Es ist nicht sinnvoll, die Meinung der Mehrheit (oder gar die Ansicht einzelner »Meinungsmacher«) als gültig zu erachten – vielmehr sollte eine Überprüfung der Vermutungen in Form von »objektiven« und nachprüfbaren »Experimenten« stattfinden.

- b) Es gibt beim Experimentieren gewisse Standards. So ist es wichtig, genau und gründlich zu arbeiten. Für die Grundschule relevant erachten wir dabei v. a. die Erkenntnis, dass das genaue Messen dem groben Schätzen vorzuziehen ist.

zu a) Um klarzumachen, dass Vermutungen überprüft werden sollten, eignen sich »kontraintuitive Versuche«, also solche, bei denen die Vermutungen der meisten Kinder unserer Erfahrung nach falsch sind. Zwei solcher Versuche stellen wir auf den kommenden Seiten vor (M 1 + M 2).¹ Sinnvoll erscheint uns, dass die Kinder (oder die ganze Klasse) vor der Durchführung ihre Vermutungen abgeben, welche nach der Durchführung des Versuchs mit dem Ergebnis verglichen wird. Dabei bietet es sich an, dass (neben der inhaltlichen Frage, weshalb sich das Phänomen so zeigt) auch besprochen wird, dass erst der Versuch gezeigt hat, wie es »wirklich ist« und dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler genau so arbeiten: Sie haben Fragen und Vermutungen, überlegen sich dann Experimente, die ihre Vermutungen bestätigen oder widerlegen, und entwickeln aus den Ergebnissen wieder neue Vermutungen.

zu b) Für die Unterscheidung von Schätzen und Messen haben sich optische Täuschungen bewährt (z. B. M 3 + M 4). Sie machen sehr schön deutlich, dass man den eigenen Sinnen nur bedingt trauen kann. Um die Bedeutung des Messens klarzumachen, eignen sich v. a. solche optischen Täuschungen, die sich auf die Länge eines Gegenstands beziehen oder bei denen Winkel und Krümmungen mit dem Lineal überprüft werden können.

Wir hoffen, dass die Kinder durch diese (und natürlich auch durch die in den folgenden Teilen der Serie dargestellten) Versuche neben diesen zwei genannten kognitiven Zielen auch gewisse Einstellungen entwickeln bzw. sich erhalten. An erster Stelle steht für uns ein »forschender Geist«, der sich darin ausdrückt, dass sich die Schülerinnen und Schüler interessiert in unserer Welt bewegen und zudem Interesse und Freude daran haben, Vermutungen zu überprüfen bzw. Fragen an die Welt zu stellen und nach Möglichkeit auch selbstständig zu beantworten. ■

Anmerkung

- 1 Im Rahmen einer solchen Serie können natürlich immer nur ausgewählte Beispiele dargestellt werden. Weitere finden sich in Grygier & Hartinger 2009.

Autoren

Dr. Patricia Grygier
Andreas Hartinger
Universität Augsburg
Lehrstuhl für
Grundschulpädagogik
Universitätsstr. 10
86159 Augsburg

Name	Klasse	Datum
------	--------	-------

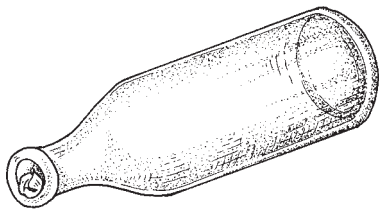
Kügelchen in die Flasche 1

Das wird gebraucht

Eine leere (Plastik-)Flasche, ein Papierkügelchen

So wird es gemacht

Halte die Flasche waagerecht und lege das Papierkügelchen in den offenen Flaschenhals (s. Abbildung 1). Versuche nun, das Papierkügelchen kräftig in die Flasche zu pusten!



Tinte in Wasser und Öl 1

Das wird gebraucht

vier Gläser, Wasser, Kirschsaf, Tintenpatrone, Speiseöl

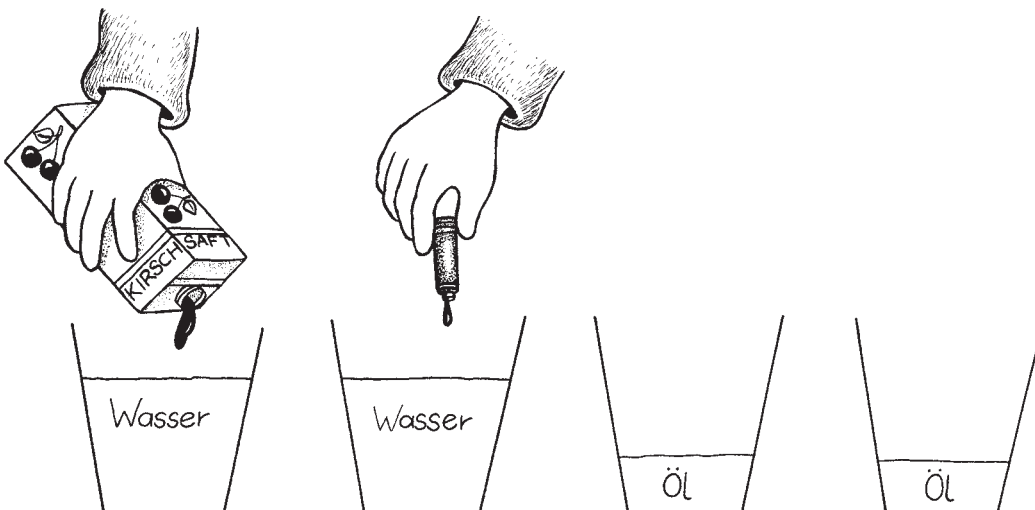
So wird es gemacht

Fülle zwei Gläser halb voll mit Wasser.

Überlege, wie es aussehen wird, wenn du nun in das eine Glas etwas Kirschsaf gießt und in das andere Glas die halbe Tintenpatrone. Probiere es anschließend aus!

Gieße nun in die zwei übrigen Gläser jeweils etwa 3 cm hoch Speiseöl. Wie sieht es wohl aus, wenn du Kirschsaf ins Öl gießt? Versuche es!

Vermute zum Schluss, was passiert, wenn du die restliche Tinte in das vierte Glas mit Öl tropfst. Überprüfe, ob deine Vermutung stimmt!



Name

Klasse

Datum

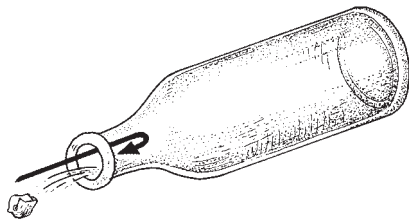
Kügelchen in die Flasche 2

Das kannst du beobachten

Das Kügelchen rollt nicht in die Flasche, es fällt aus dem Flaschenhals nach draußen.

So kann man es erklären

Die Flasche ist nicht wirklich leer, sie ist voller Luft. Wenn man auf das Kügelchen bläst, so können das Kügelchen und die geblasene Luft nicht in die Flasche hinein, weil diese schon mit Luft gefüllt ist. Der Atem »prallt« also an der Luft in der Flasche ab und »nimmt« auf seinem Rückweg das Kügelchen mit nach außen (s. Abbildung 2).



Tinte in Wasser und Öl 2

Das kannst du beobachten

Der Kirschsaff vermischt sich schnell mit dem Wasser, die Flüssigkeit sieht am Ende rot aus – etwas heller als der ursprüngliche Kirschsaff.

Die Tinte verteilt sich in dünnen »Fäden« im Wasser, bis die Flüssigkeit einheitlich blau aussieht.

Mit dem Öl vermischt sich der Kirschsaff nicht, er setzt sich unter dem Öl als rote Schicht ab. Die Tintentropfen vermischen sich auch nicht mit dem Öl. Im Gegensatz zum Kirschsaff behalten sie aber ihre Tropfenform bei und sinken langsam auf den Glasboden.

So kann man es erklären

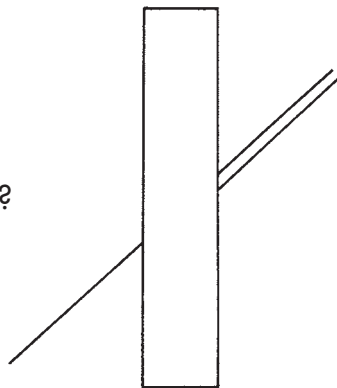
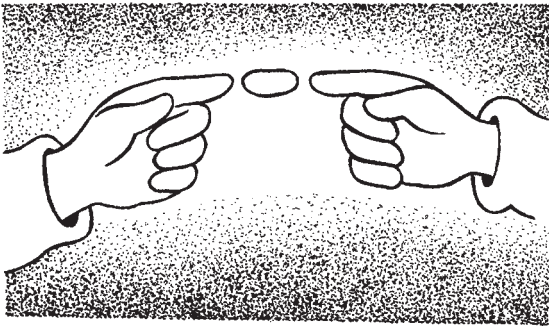
Während das Wasser als Lösungsmittel für den Saft und die Tinte geeignet ist, vermischt sich das Öl nicht mit den beiden wässrigen Flüssigkeiten.

Sowohl der Kirschsaff als auch die Tinte sind schwerer als das Öl, deshalb sammeln sie sich am Glasboden.

Hinweis für Lehrer

Der Vorteil dieses Versuchsablaufs ist, dass die Schüler zunächst beobachten, wie sich Flüssigkeiten problemlos in Wasser verteilen. Dies entspricht ihrer alltäglichen Erfahrung, z. B. beim Zubereiten einer Saftschorle. Auf Grund dieser Beobachtungen ist die Verwunderung über das Verhalten von Tinte in Öl umso größer und widerspricht (hoffentlich) der Erwartung und Vermutung der Schüler.

Das unterschiedliche Verhalten von Saft und Tinte in Öl kann durch verschieden starke zwischenmolekulare Kräfte (Kohäsionskräfte) der Flüssigkeiten erklärt werden. Bei der Tinte sind diese Kräfte und damit auch die Oberflächenspannung größer als beim Kirschsaff. Die Tinte bleibt daher länger in Tropfenform. Der Kirschsaff hat im Vergleich dazu kleinere zwischenmolekulare Kräfte und bildet deshalb schneller eine flache Schicht unter dem Öl aus.

Name	Klasse	Datum
Unterbrochene Linie So wird es gemacht Betrachte die Abbildung. Welche der beiden rechten dünnen Linien ist deiner Meinung nach die Fortsetzung der dünnen Linie auf der linken Seite? Überprüfe deine Vermutung mit dem Lineal! Das kannst du erkennen Die obere Linie ist die passende Fortsetzung. So kann man es erklären Es sieht fast so aus, als würde die untere Linie besser passen. Dies liegt daran, dass der weiße Balken im Vordergrund unsere Wahrnehmung stört. Dies ist eine so genannte Winkeltäuschung.		
		
Fingertäuschung So wird es gemacht Strecke deine Arme aus und halte deine Zeigefinger so, dass sie sich berühren (etwa in Kopfhöhe) (s. Abbildung 1). Schaue über deine Fingerspitzen hinweg zur Wand, so dass du die Wand scharf und die Hände nur unscharf sehen kannst. Achte dennoch auf deine Zeigefinger! Das kannst du erkennen Zwischen deinen Fingern ist noch ein Stück Finger zu sehen (aber nur solange du nicht direkt darauf schaust) (s. Abbildung 2).		
		
		
So kann man es erklären Die Augen bewegen sich leicht auseinander, wenn sie nicht mehr auf die Hand, sondern auf die Wand »scharf stellen«. Dadurch liefern sie aber dem Gehirn leicht unterschiedliche (unscharfe) Bilder von den Zeigefingern, die im Gehirn zu einem neuen Bild zusammengesetzt werden. Durch die Überlagerung der Bilder entsteht der Eindruck, dass in der Mitte noch ein Stück Finger »schwebt«.		

BRUNHILDE MARQUARDT-MAU

Ansätze zur Scientific Literacy Neue Wege für den Sachunterricht

Mit dem Begriff der scientific literacy rückt die herausragende Bedeutung einer angemessenen naturwissenschaftlichen Grundbildung erneut in das Blickfeld der öffentlichen Diskussion. Hinter der Metapher der literacy verbirgt sich die Idee, naturwissenschaftliche Kenntnisse und Kompetenzen quasi in den Rang einer Kulturtechnik zu heben. Man geht davon aus, dass die 'Kulturtechnik' der scientific literacy – ähnlich wie Schreiben, Lesen und Rechnen – eine grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Teilhabe am Leben in einer Wissensgesellschaft darstellt. Die im angelsächsischen Kontext entstandene Zielkonzeption der 'scientific literacy for all' soll bereits im Vor- und Grundschulalter angebahnt werden. Sie bildete die Grundlage für eine umfangreiche Curriculumentwicklung auch im Primarbereich insbesondere in den USA, Großbritannien und Kanada und für internationale Schulleistungsversuche.

Diese Entwicklungen blieben bisher in der Sachunterrichtsdidaktik nahezu unbeachtet. Im Unterschied dazu hat scientific literacy als Rahmenkonzeption der erst unlängst durchgeführten IGLU-E Studie (vgl. Prenzel et al. 2003) zu den naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Kindern am Ende der Grundschulzeit bundesdeutsche Schulstufen längst erreicht. Es ist davon auszugehen, dass scientific literacy die Diskussion um zukünftige Entwicklungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung auch im Sachunterricht beeinflussen wird.

Im folgenden Beitrag werde ich zunächst beleuchten, auf welchem gesellschaftlichen Leitbild scientific literacy beruht, was sich im Einzelnen hinter dem Begriff verbirgt und welche Konzeptionen und Curricula in den USA und in England zur scientific literacy vorliegen. Anschließend werden Ansätze vorgestellt, wie sich Bausteine des literacy Konzeptes sinnvoll in den Sachunterricht integrieren lassen und Ergebnisse der IGLU-E Studie zu den naturwissenschaftlichen Kompetenzen am Ende der Grundschulzeit skizziert.

Wissensgesellschaft als Leitbild für scientific literacy

Das Leitbild der Wissensgesellschaft wird in nahezu allen Ansätzen zur Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts bemüht, um die herausragende Bedeutung naturwissenschaftlicher (Aus) Bildung zu legitimieren (vgl. Marquardt-Mau 2001).

Aus:

KAISER, A. / PECH, D. [Hrsg. (2008)]: Basiswissen Sachunterricht: Neuere Konzeptionen und Zielsetzungen im Sachunterricht, Bd. 2. 2. Aufl. Baltmannsweiler, S. 67-83.

Der Begriff Wissensgesellschaft geht auf Bell (1973) zurück. Bereits in den frühen Siebzigerjahren führte er aus, dass das Industriezeitalter durch eine neue soziale Ordnung abgelöst werde, deren grundlegendes Organisationsprinzip nicht mehr die industrielle Güterproduktion, sondern Wissen und Information seien.

Mit dem Leitbild der Wissensgesellschaft sind u. a. die folgenden Grundannahmen verbunden:

- Man geht davon aus, dass die klassischen Produktivkräfte Grundbesitz, Arbeit und Kapital an Bedeutung verlieren, während Wissen an Bedeutung stark zunimmt. In der Wissensgesellschaft bilden Mathematik, Naturwissenschaften und Technik wesentliche Grundlagen, und der Entwicklung in diesen Bereichen wird ein entscheidender Einfluss auf die künftige Standortisierung und die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes zugeschrieben.
- Wissen erweitert dank der schnelleren Verfügbarkeit durch die modernen Kommunikationstechnologien individuelle Lebensgestaltungsoptionen, Handlungsspielräume und führe zu einem gestärkten Selbstbewusstsein. Gleichzeitig könnten diese Individualisierungsprozesse auch Verluste mit sich bringen.

- Für die sozialen Strukturen der Gesellschaft wird erwartet, dass sie einerseits heterogener und fragiler, andererseits aber auch flexibler und innovationsoffener würden. Der Wissensgesellschaft wohne eine Tendenz zur Verschärfung sozialer Gegensätze inne. Wissen verschärfe den Abstand zwischen Wissenden und Nichtwissenden.

Wissen sei nicht national zu begrenzen und das Bildungsniveau würde zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor zwischen den einzelnen Staaten.

Bei den theoretischen Entwürfen zur Wissensgesellschaft handelt es sich aber keineswegs um wertneutrale Konzeptionen. Wie die vorangehende Zusammenstellung zeigt, wird die Wissensgesellschaft mit ihren Chancen und Risiken recht unterschiedlich beurteilt.

Einerseits spricht aus den Entwürfen zur Wissensgesellschaft ein großer Fortschrittsoptimismus, der den einzelnen Menschen als Akteur dieser Gesellschaft betrachtet. So sei die Wissensgesellschaft heute zwar keine Vorstellung mehr, „an die sich große Hoffnungen gesellschaftlichen und humanen Fortschritts knüpfen“ meint Böhme (1996, S. 28 ff.), jedoch ließen sich mit den potentiellen Lösungen der Probleme der Wissensgesellschaft Hoffnungen verbinden. Es sei „eine neue Aufklärung denkbar, d. h. die Entwicklung öffentlicher Diskurse, die zur gesellschaftlichen Regelung des beständigen Wissenszuwachses (...) führten und zu einem selbstbewussten mündigen Bürger, der seine gesellschaftliche Existenz auch jenseits der Arbeitsgesellschaft zu definieren weiß, seine Unabhängigkeit gegenüber der Bevormundung durch Externen behauptet und seine

Andererseits lassen sich im Zusammenhang mit der Wissensgesellschaft zwei zentrale Beunruhigungen ausmachen:

- Eine „wirtschaftliche Beunruhigung“, verbunden mit der Frage einer zu gewährleistenden wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit und
- Eine „gesellschaftspolitische Beunruhigung“, verbunden mit der Sorge um eine zunehmende soziale Desintegration der Gesellschaft“ (Brockmeyer 1999, S. 30).

In der angelsächsischen Literatur zum naturwissenschaftlichen Unterricht, die die Notwendigkeit einer scientific literacy begründet, tauchen einige der Grundannahmen der Wissensgesellschaft wieder auf (vgl. Osborne 1998; Driver et al. 1997). Im Einzelnen werden genannt:

- ökonomische Relevanz
Qualifizierte naturwissenschaftlich und technisch ausgebildete Arbeitskräfte sind zur Sicherung der internationalen ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit notwendig
- individuelle Relevanz
Jedes Individuum benötigt ein naturwissenschaftlich / technisches Basisverständnis, um adäquate Entscheidungen in Bezug auf die eigene Gesundheit, Energiefragen oder als Konsument treffen zu können
- kulturelle Relevanz
Die Erkenntnisse der Naturwissenschaften haben im entscheidenden Maße unsere Kultur geprägt und sind als solche Teil des kulturellen Erbes der Menschheit

- gesellschaftliche Relevanz
Demokratische Entscheidungsprozesse setzen informierte Bürgerinnen und Bürger voraus, die kompetent an naturwissenschaftsbasierten politischen Entscheidungsprozessen teilhaben können.

- ökologische Relevanz
Die Zukunft des Planeten Erde hängt wesentlich von einem verantwortlichen Umgang mit Naturwissenschaft und Technik ab, um globale Probleme wie Bevölkerungsexplosion, Umweltverschmutzung, Ungleichverteilung des Reichtums oder Ressourcenvergeudung in der Militärforschung oder in Kriegen einer Lösung zuzuführen.

In den Konzeptionen zur scientific literacy werden diese Begründungsstränge mit unterschiedlichen Fokussierungen meist nur schlagwortartig bemüht. Nur selten findet eine reflektierte Auseinandersetzung mit den zu Grunde liegenden unterschiedlichen Erkenntnisinteressen statt.

Während in der ersten Reformphase liberale und soziale Motive vorherrschten, die insbesondere die individuelle und gesellschaftliche Relevanz naturwissenschaftlicher Bildung betonen, wird der zunehmende Einfluss eines technokratischen Reforminteresses konstatiert, das Lernen primär an den Interessen von

„The technocratic orientation to education sees learning not as the development of the critical faculties of individuals but as the mastery of given bodies of knowledge and skills selected to serve the interests of the political / industrial world“ (Driver et al. 1997, S. 5).

Was ist scientific literacy?

Die mit dem Ziel der scientific literacy verbundenen Ideen gehen in den USA auf die frühen 50 Jahre zurück (vgl. Bybee 1997; De Boer 1997). Paul De Hart Hurd (1958) war einer der ersten Wissenschaftler, der den Begriff in die Diskussion brachte. Ein umfassendes Verständnis der Naturwissenschaften und deren gesellschaftliche Nutzung seien notwendig, um der dominierenden Rolle der Naturwissenschaft in der Gesellschaft Rechnung zu tragen.

Aber erst die öffentliche Diskussion um die Bildungsmisere in den USA führte zur Renaissance dieses Begriffes und zur Entwicklung entsprechender Konzeptionen (vgl. Publikationen wie „A Nation at Risk“ 1993; Ergebnisse internationaler Schulleistungsvergleiche).

Obwohl der Begriff scientific literacy inzwischen eine weite Verbreitung gefunden hat, gibt es heute keine allgemein akzeptierte Definition, da sich unterschiedliche theoretische Ansätze und Konzeptionen damit verbinden lassen. Im Folgenden sollen einige Definitionen exemplarisch vorgestellt werden.

Nach der Definition der American Association for the Advancement of Science¹ umfaßt scientific literacy „being familiar with the natural world and respecting its unity; being aware of some of the important ways in which mathematics, technology, and the science depend upon another; understanding some of the key concepts and principles of science; having a capacity for scientific ways of thinking; knowing, that science, mathematics, and technology are human enterprises, and knowing what that implies about their strengths and limitations; and being able to use scientific knowledge and ways of thinking for personal and social purposes“ (1989, S. 20).

Roger Bybee (1997) schlägt ein Modell vor, in dem scientific literacy in verschiedene Stufen eingeteilt ist, die einzelne Individuen abhängig vom Alter, Inhalt oder Kontext im Laufe ihres Lebens durchlaufen können:

- *Nominale Literacy*: Begriffe, Fragen oder Themen können dem Bereich der Naturwissenschaften zugeordnet werden, ein tieferes Verständnis liegt nicht vor. Das individuelle Wissen ist minimal; Phänomene werden für bare Münze genommen, und naive und falsche Vorstellungen sind vorherrschend.
- *Funktionale Scientific Literacy*: Naturwissenschaftliche Begriffe sind bekannt und können korrekt angewandt (in Tests, beim Zeitunglesen etc.) werden,

¹ Die „American Association for Advancement of Science“ (AAAS) weitet die Definition der Science Literacy über den naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht hinaus und

jedoch liegt kein Verständnis für naturwissenschaftliche Konzepte und Zusammenhänge vor.

- *Konzeptuelle und prozedurale Scientific Literacy*: Ermöglicht ein Verständnis der grundlegenden Konzepte und Methoden der Naturwissenschaften sowie der Zusammenhänge und Beziehungen einzelner Teilbereiche zu den naturwissenschaftlichen Disziplinen insgesamt.
- *Multidimensionale Scientific Literacy*: Umfasst Kenntnisse über die geschichtliche Entwicklung naturwissenschaftlicher Ideen und begreift Naturwissenschaften und Technik als Teil der Kultur. Die Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik für das eigene Leben und die gesellschaftliche Entwicklung stehen im Zentrum. Insgesamt geht es um philosophische, historische und soziale Aspekte von Naturwissenschaft und Technik.

Bybee versteht sein Konzept zwar als hierarchisches Modell, eine Person könne sich jedoch bei verschiedenen Themen, aber auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten in verschiedenen Stufen bewegen. Bybee ordnet – unter Bezug auf Ergebnisse der Entwicklungs- und Kognitionspsychologie – jüngere und weniger erfahrene Personen eher der nominalen und funktionalen Ebene, ältere Personen oder erfahrene Wissenschaftlerinnen, Ingenieure, Naturwissenschaftlerinnen eher der konzeptionellen / prozeduralen oder multidimensionalen Stufe zu.

Lässt man die verschiedenen Ansätze zur scientific literacy bislang Revue passieren, so gibt es durchaus konsensfähige Aspekte (vgl. Driver et al. 1997). Danach umfasst scientific literacy insbesondere Vorstellungen zu und Kenntnisse von

- naturwissenschaftlichen Basiskonzepten, –theorien und –modellen,
- Prozessen des (natur)wissenschaftlichen Wissenserwerbs,
- der Bedeutung der Naturwissenschaften als kultureller Errungenschaft
- dem Zusammenhang der Naturwissenschaften mit sozialen und gesellschaftlichen Fragen.

Ansätze zur scientific literacy in den USA

Das „Projekt 2061“ nimmt einen zentralen Stellenwert bei der Entwicklung der scientific literacy Diskussion ein. Es ist eine langjährig und umfassend angelegte Initiative der ‘American Association for the Advancement of Science’² (AAAS) zur Schulreform in den USA. Der Beginn der Initiative fällt zusammen mit dem Jahr 1985, als der Komet Halley das letzte Mal von der Erde zu sehen war. Der Name des Projekts soll verdeutlichen, dass Bildung ein lebenslanges Anliegen

² Die „American Association for the Advancement“ wurde 1848 gegründet und ist eine wissenschaftliche Fachgesellschaft mit ca. 132.000 Mitgliedern. Zu den Schwerpunkten der Gesellschaft gehören u. a. Wissenschaftspolitik, die ethische Verantwortung von Wissenschaftlern, naturwissen-

ist. Viele Kinder, die 1985 geboren wurden, werden die Rückkehr des Kometen Halley im Jahr 2061 miterleben. Für deren zukünftiges Leben seien neue Visionen für Erziehung und Ausbildung erforderlich, um den sich verändernden technischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen gerecht werden zu können. Die Initiatoren gehen davon aus, dass eine Reform nur dann gelingen kann, wenn die für Schule und Ausbildung zuständigen Entscheidungsträger und Beteiligten (aus den Bereichen Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Lehrerbildung, Schule) sowie die verschiedenen Adressaten (Kommune, Eltern, Lehrerinnen und Lehrer, Schülerinnen und Schüler) von Anfang an mit einbezogen sind. Diesem Anspruch versucht man durch eine phasenweise eingeleitete Reform gerecht zu werden.

Die wichtigsten Publikationen des Projekts, mit der Definition von scientific literacy und Empfehlungen für effektives Lehren und Lernen (Science For All Americans, 1989) und den Empfehlungen zu den Lernzielen, die am Ende der 2., 5., 8. und 12. Klasse erreicht werden sollen (Benchmarks For Scientific Literacy, 1993), haben einen entscheidenden Einfluss auf die Reformen in den USA gehabt.

Auch die vom 'National Research Council' (1996) herausgegebenen „National Science Education Standards“ (NSES) basieren im wesentlichen auf den Grundlagen des Projekts 2061 (vgl. Bybee 1997, S. 40).

Mit acht Inhaltsbereichen wird versucht, das Konzept der scientific literacy vom Kindergarten zur Hochschule zu konkretisieren (vgl. Abb. 1).

Die Autoren gehen davon aus, dass sich diese Inhaltsbereiche alters- und entwicklungsadäquat konkretisieren lassen. Wie der Abbildung 1 zu entnehmen ist, leiten mehrere didaktische Strukturierungsprinzipien³ die Inhaltsauswahl:

- Ähnlich wie bei der ersten Generation der naturwissenschaftlichen Curricula in den USA spielen *Basis-Konzepte* eine wichtige Rolle. Sie können als heuristisches Werkzeug verstanden werden, mit dem sich Schülerinnen und Schüler ihre natürliche und technische Umwelt erschließen können. Nicht einzelne, isoliert voneinander vermittelte Themen werden ausgewählt, sondern sie erhalten ihre Berechtigung erst durch (naturwissenschaftlichen) übergreifende) „unifying concepts and processes“ wie beispielsweise 'Wechsel', 'Konstanz', 'Evolution und Gleichgewicht', 'Messen' oder 'Diversität'. So bieten die herkömmlichen Themen 'Samen' und 'Dinosaurier' die Möglichkeit, dass Kinder etwas über die Diversität und Variation biologischer Organismen erfahren. Dinosaurier und Samen existieren in verschiedenen Größen und Formen. Sammeln und ordnen Kinder Samen und Dinosauriermodelle, so lernen sie solche Konzepte nachzuvollziehen, die in der Naturwissenschaft als Ordnungskriterien für die Natur benutzt werden.

TABLE 6.8. CONTENT STANDARDS, GRADES K-4

UNIFYING CONCEPTS AND PROCESSES	SCIENCE AS INQUIRY	PHYSICAL SCIENCE	LIFE SCIENCE
Systems, order, and organization	Abilities necessary to do scientific inquiry	Properties of objects and materials	Characteristics of organisms
Evidence, models, and explanation	Understanding about scientific inquiry	Position and motion of objects	Life cycles of organisms
Change, constancy, and measurement		Light, heat, electricity, and magnetism	Organisms and environments
Evolution and equilibrium			
Form and function			
EARTH AND SPACE SCIENCE	SCIENCE AND TECHNOLOGY	SCIENCE IN PERSONAL AND SOCIAL PERSPECTIVES	HISTORY AND NATURE OF SCIENCE
Properties of earth materials	Abilities of technological design	Personal health Characteristics and changes in populations	Science as a human endeavor
Objects in the sky	Understandings about science and technology	Types of resources	
Changes in earth and sky	Abilities to distinguish between natural objects and objects made by humans	Changes in environments	
		Science and technology in local challenges	

Abb. 1 entnommen aus: National Research Council (1996): National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press, p.110.

- Dem Prozess des naturwissenschaftlichen Wissenserwerbs wird im Konzept der scientific literacy ebenfalls eine hohe Priorität eingeräumt. Die Kinder

sollen lernen, wissenschaftliche Fragen zu stellen und zur Beantwortung selbstständig einfache Versuche mit Alltagsmaterialien oder einfacher Ausstattung (z. B. Lupe) zu planen und durchzuführen. Die eigenen Ergebnisse sollen mit den gewonnenen Daten untermauert und den Mitschülerinnen und Mitschülern mitgeteilt werden können. Anschließend werden die Ergebnisse und das Vorgehen der Kinder mit den existierenden wissenschaftlichen Erkenntnissen und Methoden verglichen (understanding about scientific inquiry).

Auch Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler verwenden bestimmte Methoden und Geräte zur Datengewinnung, interpretieren diese auf der Grundlage vorhandener Theorien und kommunizieren ihre Ergebnisse in Publikationen oder auf Tagungen.

– Ausgewählte Themen aus einzelnen Disziplinen wie Physik und Chemie (physical science), Biologie, der Geographie (earth and space science) und der Technik gehören ebenso zum Konzept der scientific literacy.

– Im Unterschied zu naturwissenschaftlichen Curriculumentwicklung in den siebziger Jahren spielt der Aspekt der sozialen- und gesellschaftlichen Relevanz (science in personal and social perspective) eine wichtige Rolle. Diesem Aspekt sind Themen aus den Bereichen Gesundheitserziehung (Hygiene, Ernährung, Prävention gegen Drogen, Kindesmisshandlung und von sexuellem Missbrauch) sowie der Umwelterziehung (kurz- und langfristige Umweltveränderungen, Beitrag der Naturwissenschaften zur Verbesserung der Lebensqualität in Industrieländern im Unterschied zur Situation in der 'Dritten Welt') und der Bevölkerungsentwicklung (beeinflussende Faktoren, Auswirkung auf die Nutzung von Ressourcen) zugeordnet.

Ebenso neu ist der Aspekt, die Naturwissenschaften als kulturelle Errungenschaft (history and nature of science) in der Geschichte der Menschheit zu verdeutlichen, zu dem Männer und Frauen mit unterschiedlichen ethnischen oder kulturellem Hintergrund beigetragen haben.

Neue Grundschulcurricula in den USA

Die in den Publikationen „Science for all Americans“, „Benchmarks For Scientific Literacy“ und „National Science Education Standards“ entwickelten Vorstellungen bildeten auch die Leitlinien für eine neue umfangreiche Curriculumentwicklung für den Primarbereich.

Obwohl es zwischen den einzelnen neuen Curricula (vgl. Marquardt-Mau 1996) erhebliche konzeptionelle Unterschiede gibt, so sind sie doch alle den folgenden grundlegenden Prinzipien für das naturwissenschaftliche Lernen im Primarbereich verpflichtet:

Science „engages children in the wonder and the study of the natural world. It makes

living in the world. Science gives children opportunities to explore how things work firsthand, through activities and experiences with a wide variety of materials. It stimulates them to wonder, to be good observers, to make predictions, and to offer explanations. It helps them construct their own knowledge of scientific principles and concepts, making these part of the way they see the world and the decisions they make about their lives“ (Loucks-Horsley et al. 1990, S. xiv).

Die neuen Curricula besitzen im wesentlichen eine konstruktivistische Orientierung. Dem Vorwissen der Kinder und dessen Berücksichtigung im Unterricht geschehen wird eine große Bedeutung zugemessen. Ferner sollen die 'hands-on'-Erfahrungen und das Konzeptlernen ('minds-on') den Kindern ermöglichen, aktiv und selbstständig Bedeutungsgehalte zu konstruieren. Die konstruktivistische Ausrichtung hat aber auch Konsequenzen für den Lehr-Lernprozess. Aufgabe von Lehrerinnen und Lehrern ist das Bereitstellen und Fördern von geeigneten Lernaktivitäten. Die Kinder gelangen aus einer passiven in eine aktive Rolle, bei der sie für ihr eigenes Lernen in der Zusammenarbeit mit Lehrkräften und ihren Mitschülerinnen und -schülern verantwortlich sind. Der Unterrichtsverlauf (die Phasen) selber soll der wissenschaftlichen Arbeitsweise folgen:

- (1) Motivation und Vorerfahrung der Kinder (engage)
- (2) Erkunden, entdecken, kreieren (explore)
- (3) Erklärungen und Lösungen (explain)
- (4) (Handlungs-)Konsequenzen aus dem Gelernten (elaborate)
- (5) Überprüfen (evaluate)

Neben den grundlegenden wissenschaftlichen Konzepten und Methoden wird dem kooperativen Lernen in Gruppen ein zentraler Stellenwert in den Curricula eingeräumt. Einerseits soll es die Kinder auf ihre spätere Praxis in Beruf und Familie adäquat vorbereiten. Andererseits erhofft man sich positive Effekte für das gemeinsame Lernen von Kindern mit und ohne Behinderungen, unterschiedlicher Begabungen, ethnischer Herkunft sowie Geschlechtszugehörigkeit. Insbesondere der sozialisationsbedingten Benachteiligung von Mädchen im naturwissenschaftlichen Unterricht soll auf diese Weise möglichst früh begegnet werden.

Ansätze zur scientific literacy in England und Schottland

Auch in England bildet das Leitbild der Wissenschaftsgesellschaft mit den spezifischen Anforderungen an Bildungsprozesse (Kommunikation, lebenslanges Lernen, Anpassungsfähigkeit etc.) den Impuls, die naturwissenschaftliche Bildung neu zu überdenken.

Mit der Unterstützung der 'Nuffield Foundation' fanden mehrere Seminare statt, deren Ergebnisse von einer 20köpfigen Expertengruppe (Naturwissenschaftsdidaktiker, Hochschullehrer, Lehrer und Repräsentanten der Bildungsadministra-

Das neue Reformkonzept für den naturwissenschaftlichen Unterricht sieht eine (bisher noch nicht vorhandene) Konzeption für den naturwissenschaftlichen Unterricht, ausgehend von der Grundschule bis zum Abschluss der Sekundarstufe, vor. Damit sollen auch Grundschullehrkräfte wissen, wie später auf der von ihnen geschaffenen Basis in der Sekundarstufe aufgebaut wird und es den Lehrkräften der Sekundarstufe ermöglichen, besser an dem bereits vorhandenen Wissen und den erworbenen Fähigkeiten der Kinder anknüpfen zu können.

Die besondere Bedeutung von primary science wird darin gesehen, dass „it provides a framework for developing children's innate curiosity about their natural environment. It fosters habits of careful observation and the use of precise language for descriptive purposes. Furthermore, it provides contexts for practising measurement and the use of number. More fundamentally, however, establishing any understanding of the world requires opportunities to interact with the wide variety of natural phenomena that exist, to investigate their behaviour, and to learn how they are talked about. Such experiences are essential to constructing the basic representations and concepts on which a more sophisticated understanding of science and technology rests – something which the secondary school attempts to build“ (Science beyond 2000' 1998, S. 2008).

Ebenso wie in der amerikanischen Diskussion bildet auch im englischen Reformkonzept die Idee der scientific literacy das zentrale Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Da die Naturwissenschaften Teil unserer Kultur seien, würde man ohne ein gewisses Grundverständnis zum Außenseiter.

„Not to have some understanding of them is to be, in a very real sense, an outsider, excluded from elements of our common culture in much the same way as a person who is unable to read. Another reason for teaching science is to enable young people to become 'scientifically literate' – able to engage with the ideas and views which form such a central part of our common culture“ (Science Beyond 2000' 1998, S. 2008).

Um dieses Ziel zu erreichen, sollte der naturwissenschaftliche Unterricht das Interesse an den Naturwissenschaften, ein ausreichendes Wissen und ein Verständnis von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen fördern, damit die Schülerinnen und Schüler sich einfache Zeitungsartikel oder Fernsehsendungen mit naturwissenschaftlichen Inhalten erschließen können.

Scientific literacy soll es aber auch ermöglichen, zu einer begründeten persönlichen Meinungsbildung über wichtige soziale und ethische Fragen zu gelangen und dass der Beitrag der Naturwissenschaften für die Kultur Wertschätzung erfährt. Der an der scientific literacy orientierte naturwissenschaftliche Unterricht trägt aber auch dazu bei, die Anschlussfähigkeit für weiteren Wissenserwerb (aus persönlichem Interesse oder beruflicher Notwendigkeit) zu garantieren.

Um das Ziel der scientific literacy zu erreichen, halten die Experten eine Abkehr von der Überbetonung einzelner, hintereinander gereihter Inhalte notwendig.

deren kultureller Bedeutung den Schülerinnen und Schüler deutlich werden zu lassen, schlagen sie vor, naturwissenschaftliche Inhalte in Form von sogenannten exemplarischen 'explanatory stories' zu präsentieren und durch historische Fallstudien zu konkretisieren. Durch das Anknüpfen an die in anderen Bereichen bewährte Methode der narrativen Kommunikation, sollen Inhalte kohärent, bedeutsam und leicht einsehbar gestaltet werden. Die Geschichten sollen Antworten geben auf Fragen wie z. B. „Wie alt ist die Erde und wie hat sich die heutige Gestalt entwickelt?“, „Wie kommt es, dass es so eine große Diversität von Lebewesen auf der Erde gibt?“

Die 'Scottish Science Review Group' (1995, S. 15) nimmt in ihren Empfehlungen für den zukünftigen naturwissenschaftlichen Unterricht Abstand vom Begriff der 'scientific literacy', sondern schlägt stattdessen 'scientific capability' als erstrebenswertes Ziel vor. Mit diesem Begriff würde mehr der handlungsbezogene Aspekt von Naturwissenschaften und die individuelle Relevanz hervorgehoben.

„A person who is scientifically capable is not only knowledgeable and skilled but is also able to draw together and apply her / his resources of knowledge and skill, creatively“.

Ansätze zur scientific literacy in der Bundesrepublik Deutschland

Im deutschsprachigen Kontext ist das Konzept der scientific literacy vor allen Dingen auf Resonanz bei den Didaktikern der Fächer Biologie, Chemie und Physik gestoßen (vgl. Gräber et al. 1997; 2002).

Im Unterschied zum angelsächsischen Kontext werden neben fachlichen Kompetenzen auch außerfachliche Kompetenzen (wie z. B. Lernkompetenz, kommunikative Kompetenz etc.) als wesentliche Komponenten dieses Konstrukts angesehen. Das Konzept kann als ein Versuch angesehen werden, einige in der bundesdeutschen bildungspolitischen Landschaft diskutierten Entwürfe zur Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts mit dem angloamerikanischen Diskussionsstand zu vermitteln.

Ausgehend von den Anforderungen einer Wissensgesellschaft wird ein veränderter Bildungsbegriff auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu Grunde gelegt. Zentrale Aspekte sind dabei neben fachlicher Spezifizierung (Sachkompetenz) die Vermittlung von Grundlagen zur Wissensaneignung (Lernkompetenz) und psycho-sozialer Kompetenzen.

Unter epistemologischer Kompetenz wird das Verhältnis zwischen den Wissensbeständen und den Prozessen, durch die sie erzeugt werden, verstanden. Es geht darum zu wissen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden und wie sich Modelle, Hypothesen und Evidenzen zueinander verhalten (vgl.

Im Sachunterricht blieben die Diskussionen zur scientific literacy bisher nahezu unbeobachtet. Auch der Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2002) greift in seiner naturwissenschaftlichen Perspektive diese Konzeption nicht auf.

Die zurzeit im Grundschulbereich vorliegenden Arbeiten zur scientific literacy beziehen sich auf die Bereiche Curriculumentwicklung und Lehrerbildung. Darüber hinaus bildete das Konzept der scientific literacy den theoretischen Rahmen für die IGLU-E Studie, bei der die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder am Ende der Grundschulzeit erfasst wurden (vgl. Prenzel et al. 2003).

Impulse für Lehrerbildung und Curriculumentwicklung im Sachunterricht

Bereits 1996 (vgl. Marquardt-Mau) wurde darauf hingewiesen, dass die im Zusammenhang mit scientific literacy entstandenen Konzeptionen und Curricula wertvolle Impulse für die naturwissenschaftliche Perspektive des Sachunterrichts geben können. Dabei kann es jedoch – wie in den siebziger Jahren – kaum darum gehen, einzelne Curricula zu adaptieren, ohne den unterschiedlichen Bildungstraditionen im angelsächsischen Kontext und bei uns Rechnung zu tragen. Vielmehr bietet die Auseinandersetzung mit alternativen Konzeptionen die Möglichkeit, eigene Ansätze zu kontrastieren um ggf. neue Perspektiven für das grundlegende naturwissenschaftlich orientierte Lernen im Sachunterricht zu entwickeln.

Die Konzepte zur scientific literacy knüpfen an die Diskussion zur Wissenschaftsorientierung in den Siebzigern an, erweitern sie aber konstruktiv. Auch für Grundschulkinder ist es wichtig und möglich, Forschungsprozesse 'durchschaubar' werden zu lassen, indem sie als von Menschen gemacht und veränderbar vermittelt werden (vgl. Marquardt 1983). Dies ist sicher nicht durch den bloßen kognitiven Nachvollzug vorgegebener Wissensbestände – wie oftmals im Sachunterricht – möglich, sondern durch selbstständiges und entdeckendes Lernen. Die besondere Bedeutung und Art und Weise des Prozesses des (natur)wissenschaftlichen Wissenserwerbs (science as inquiry, understanding about science/inquiry) und das historische emanzipatorische Potential (history and nature of science) dieser Erkenntnisweise sind Themen, die bisher nicht zum Inhaltskanon des Sachunterrichts gehören.

Aus diesem Grunde haben wir damit begonnen, eine entsprechende Unterrichtseinheit „Planetenglobber“⁴ zu entwickeln. Anleihe haben wir dabei bei einer

Unterrichtseinheit⁵ aus dem amerikanischen Grundschulcurriculum „Great Exploration in Math and Science“ genommen.

„Planetenglobber“ sieht grün aus, lässt sich für kurze Zeit in der Hand festhalten, bevor es zwischen den Fingern zertrümmt. Die Kinder erhalten den Auftrag, diese für sie unbekannte Substanz zu untersuchen und deren besonderen Eigenschaften herauszufinden. Als fiktiver Fundort dieses Stoffes (Maisstärke, Wasser, grüne Lebensmittelfarbe) wird den Kindern der Mars genannt. Der Fundort ist zwar fiktiv, aber der Forschungsanlass durchaus real. Wichtige Erkenntnisse über den Mond verdanken wir u. a. der Analyse von Exponaten, die die Astronauten und Astronautinnen mit zur Erde brachten. Den Kindern stehen für ihre Untersuchungen verschiedene Materialien wie Sieb, Filter, Lupe und Schälchen zum Erhitzen von 'Planetenglobber' zur Verfügung. Vor allen Dingen reizt es aber, diesen Stoff intensiv mit den Händen zu untersuchen. Auf einer Forscherinnen- und Forscherkonferenz⁶ werden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen vorgestellt und mit dem Ziel diskutiert, eine Abstimmung über die besonderen Eigenschaften des unbekannten Stoffes herbeizuführen. Mit der anschließenden Reflektion über die Aktivitäten und einzelnen Arbeitsschritte der Kinder und der Gegenüberstellung mit der naturwissenschaftlichen Methode gelingt es gleichzeitig, einen ersten Einblick in die Arbeitsweise von Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern zu vermitteln.

Die ersten Ergebnisse aus der Erprobung in mehreren Grundschulklassen zeigen, dass 'Planetenglobber' die Kinder in hohem Maße fasziniert und geeignet ist, auch schon mit Grundschulkindern die naturwissenschaftliche Arbeitsweise selbst zum Thema zu machen.

Wird scientific literacy im Sachunterricht erreicht?

Das Konzept der scientific literacy bildete die Grundlage für die erste bundesdeutsche Studie zu den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder am Ende der Grundschulzeit. In Anlehnung an das Konzept Bybees (1997) werden in der IGLU-E Studie verschiedene Stufen naturwissenschaftlicher Kompetenz unterschieden, die sich über erhebliche Entwicklungstendenzen erstrecken, ausgehend „von einem vorschulischen Wissensniveau bis zu einem Verständnis von Denk- und Arbeitsformen wie von Konzepten, die belastbar sind und Bezüge zu einem disziplinaren Fachwissen erkennen lassen“ (Prenzel et al. 2003, S. 157).

⁵ Die Unterrichtseinheit „Planetenglobber“ wurde von Studierenden des Projekts „Naturwissenschaften für Kinder“ (vgl. BUS 2003) adaptiert und in Grundschulklassen erprobt. Der Name „Planetenglobber“ für die unbekannte Substanz stammt von an der Erprobung beteiligten Kindern. Der Titel der Unterrichtseinheit heißt „Oobleck – What do Scientists do?“ Lawrence Hall of Science.

⁴ Bisher gibt es nur ein Vorhaben, das ebenfalls die „Wissenschaftsverständlichkeit“ von Grundschul-

Im Einzelnen werden unterschieden:

- Vorschulisches Alltagswissen
Kinder, die sich auf der Stufe des vorschulischen Alltagswissens befinden, haben naturwissenschaftliches Wissen, das nicht über Alltagswissen hinausgeht. „Sie haben bis zum Ende der Grundschulzeit noch nicht einmal rudimentäre sachunterrichtliche Vorstellungen entwickelt. Es fällt ihnen schwer, selbst einfache Wiedererkennungsaufgaben einigermaßen sicher zu lösen“ (Prenzel et al. 2003, S. 156).
- Kompetenzstufe I
Kinder die einfache naturwissenschaftliche Bezeichnungen kennen und diese reproduzieren können, befinden sich auf der Kompetenzstufe I. Sie können Alltagsphänomene in ihrem naturwissenschaftlichen Gehalt nur rudimentär erfassen und einen Bezug zwischen diesen, wenn überhaupt, nur mit kindlichen Alltagstheorien herstellen. Das Faktenwissen findet kaum Anwendung und steht meist ohne Bezug da.
- Kompetenzstufe II
Auf der Kompetenzstufe III können die Kinder einfache naturwissenschaftliche Zusammenhänge noch nicht so gut verstehen. Sie verfügen aber über altersgemäße grundlegende naturwissenschaftliche Begriffe und über naturwissenschaftliches Alltagswissen, das sie auch anwenden können.
- Kompetenzstufe III
Kinder auf der Kompetenzstufe II können sicher mit einfachen naturwissenschaftlichen Begriffen umgehen. Sie können aber noch nicht mit naturwissenschaftlichen Herangehensweisen arbeiten, ein Verständnis über diese ist aber schon angebahnt.
- Kompetenzstufe IV
Auf dieser Kompetenzstufe haben Kinder grundlegende naturwissenschaftliche Vorstellungen die sie auch anwenden können. Eine Grundidee von naturwissenschaftlichen Herangehensweisen ist aufgebaut und sie können diese umsetzen.
- Kompetenzstufe V
Auf dieser Kompetenzstufe beginnt das naturwissenschaftliche Denken. Kinder auf dieser Stufe können einfache naturwissenschaftliche Konzepte sicher anwenden, um so Voraussagen zu treffen oder Erklärungen zu geben. Versuche zur Klärung von naturwissenschaftlichen Fragestellungen können schon geplant und durchgeführt werden. „Lösungsstrategien werden neu eingearbeitet, indem das Kind sein Wissen völlig neu strukturiert und es aktiv und kreativ einsetzt“ (Prenzel et al. 2003, S. 157).

Auf welchen Kompetenzstufen befinden sich nun die in der IGLU-E Studie befragten Grundschul Kinder? Wie die Abbildung 2 zeigt, verfügen über 40% der

Übergang von naturwissenschaftsbezogenen Alltagsvorstellungen zu belastbaren naturwissenschaftlichen Vorstellungen. Auffällig ist jedoch der Anteil der Kinder (über 16%), die sich mit ihren Leistungen auf den niedrigen Kompetenzstufen befinden. Insbesondere Kinder mit Migrationshintergrund sind auf den unteren Kompetenzstufen überrepräsentiert. Ein ähnliches Augenmerk verlangen die erheblichen Geschlechterdifferenzen. Mädchen sind auf den unteren, Jungen auf den oberen Kompetenzstufen überrepräsentiert.

Stufen naturwissenschaftlicher Kompetenz (Grundschule)	Gesamt	Mädchen (in Prozent)	Jungen
Stufe V (> 637) Naturwissenschaftliches Denken	8,1	6,6	9,7
Stufe IV (523- 637) Beginnendes naturwissenschaftliches Verständnis	33,7	30,9	36,5
Stufe III (469- 522) Anwenden naturwissenschaftlicher Begriffe	21,3	21,9	20,7
Stufe II (401- 468) Anwenden alltagsnaher Begriffe	20,2	21,0	19,4
Stufe I (323- 400) Einfache Wissensreproduktion	12,8	14,3	11,4
(< 323) Vorschulisches Alltagswissen	3,9	5,3	2,4

IEA: Progress in International Reading Literacy Study © IGLU-Germany

Abb. 2 entnommen aus Prenzel et al. 2003, S. 174

Konsequenzen für den Sachunterricht

Wie die bisherigen Ausführungen gezeigt haben, können die Ansätze zur scientific literacy offensichtlich wertvolle Impulse für die naturwissenschaftliche Perspektive des Sachunterrichts geben. Vergleicht man die Konzepte zur scientific literacy mit unserem herkömmlichen Sachunterricht, so sind insbesondere die folgenden Aspekte von Interesse:

- Die in den neuen Ansätzen enthaltenen 'equity issues', um der durch die geschlechtsspezifische Sozialisation bedingten Benachteiligung von Mädchen im naturwissenschaftlichen Unterricht möglichst früh zu begegnen, und die Anleitungen für Kinder, Lernprozesse in Teamwork zu gestalten, sind Elemente, die im herkömmlichen Sachunterricht oftmals fehlen und sich leicht in vorhandene Konzeptionen des Sachunterrichts einfügen lassen. Wie die Ergebnisse der IGLU-E Studie gezeigt haben, ist hier besonderer Handlungsbedarf gegeben.
- Ergebnisse der Wahrnehmungs- und Lernforschung, nach denen „Wissen“ in „netzartigen Strukturen“ (vgl. Aebli 1987) abgespeichert und aktiv erzeugt werden muss, scheinen die Bedeutung grundlegender Konzepte (unifying

sichtlich geeignet, das vielfach vermittelte 'Steinbruchwissen' im Sachunterricht in einen sinnvollen Zusammenhang zu stellen.

- Es ist zu überlegen, inwieweit sich die in der IGLU-E Studie zu Grunde liegenden Stufen der literacy für diagnostische Lernbegleitungsprozesse von Kindern nutzen lassen, ohne die Kinder voreilig in 'Leistungsschubladen' einordnen zu wollen.
- Insgesamt steht aber für den Sachunterricht noch aus, das literacy Konzept mit 'Bildung' zu vermitteln.

Das Leitbild der Wissensgesellschaft ist für schulische Bildungsprozesse, aber auch für den Sachunterricht zu eng. Ohne Reflexion der dazugehörigen theoretischen Grundannahmen birgt es die Gefahr in sich, zur bloßen Akzeptanz vorgegebener und vorgefundener gesellschaftlicher Prozesse zu führen.

In den Ausführungen zur Wissensgesellschaft und zur scientific literacy wird zudem 'Wissen' vielfach mit „Bildung“ gleichgesetzt oder es findet ein unreflektierter Sprachgebrauch des Bildungsbegriffs statt. Dass es aber nicht nur um eine simple Wortwahl geht, sondern auch um verschiedene Erkenntnisinteressen, hat Hentig (1996, S. 15 ff.) in seinem letzten großen Essay „Bildung“ deutlich gemacht:

„Die Antwort auf unsere behauptete oder tatsächliche Orientierungslosigkeit ist Bildung, nicht Wissenschaft, nicht Information, nicht die Kommunikationsgesellschaft, nicht moralische Aufrüstung, nicht der Ordnungsstaat, nicht ein Mehr an Selbstbehauptung und Gruppendynamik, nicht die angestrenzte Suche nach Identität“ (ebd.).

Angesichts der sich abzeichnenden gesellschaftlichen und ökonomischen Umwälzungen wird „Bildung als Hilfe zur gesellschaftlichen Partizipation“ (Giesecke 1998, S. 313) unverzichtbar und bleibt vorrangiges Bürgerrecht.

Literatur

- Aebli, Hans: Grundlagen des Lehrens. Stuttgart: Klett 1987
- American Association for the Advancement of Science (AAAS): Science for all Americans. New York: Oxford University Press 1989
- American Association for the Advancement of Science (AAAS): Benchmarks for Science Literacy. New York: Oxford University Press 1993
- Bell, Daniel: Die nach-industrielle Gesellschaft. Frankfurt a. M.: Campus 1996
- Beyond 2000: Science Education for the future. King's College London. School of Education 1998
- Böhme, Gernot: Strukturen und Perspektiven der Wissensgesellschaft. Gutachten zum Thema Wissensgesellschaft für das Bmb+F 1996
- Bremer UNI-Schlüssel (BUS) Nr. 74, Juli 2003
- Brockmeyer, Reiner: Schule der Zukunft - Perspektiven der Bildungskommission NRW. In: Hemmer, Ingrid / Selzer, Hemut M. (Hrsg.): Für eine Schule der Zukunft. Datteln

- Bybee, Rodger W.: Toward an Understanding of Scientific Literacy. In: Gräber, Wolfgang / Bolte, Claus (Eds.): Scientific Literacy. Kiel: IPN 1997, S. 37-68
- De Boer, George E.: Historical Perspectives on Scientific Literacy. In: Gräber, Wolfgang / Bolte, Claus (Eds.): Scientific Literacy. Kiel: IPN 1997, S. 69-86
- De Hurd, Paul: Perspectives for the Reform of Science Education. In: Phi Delta Kappan. Vol 67 (5) 1958, S. 353-358
- Driver, R. / Osborne, H.: Beyond 2000 - A Science Curriculum for the 21st Century. Paper delivered at the 1997 meeting of ESERA, Rome 1997
- Giesecke, Hermann: Pädagogische Illusionen. Lehren aus 30 Jahren Bildungspolitik. Stuttgart 1998
- Gräber, Wolfgang / Bolte, Claus (Eds.): Scientific Literacy. Kiel: IPN 1997
- Gräber, Wolfgang / Nentwig, Peter / Koballa, Thomas et al. (Hrsg.): Scientific literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Leske & Budrich 2002
- Grygier, Patricia / Günther, Johannes / Kircher, Ernst / Sodan, Beate / Thörmer, Claudia: Unterstützt das Lernen über Naturwissenschaften das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht? In: Cech, Diethard / Schwier, Hans-Joachim (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht, Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2003, S. 59-76
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU): Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2002
- Hentig, Hartmut von: Bildung. Ein Essay. München: Hanser 1996
- Loucks-Horsley, S. / Kapitan, R. / Carlson, M. O. / Kuerbis, P. J. / Clark, R. C. / Nelle, G. M. / Sachse, T. P. / Walton, E.: Elementary School Science for the 90s. The Network, Inc. Andover, Massachusetts 1990
- Marquardt, Brunhilde: Kind- und Wissenschaftsorientierung im Sachunterricht. In: Lauterbach, Roland / Marquardt, Brunhilde (Hrsg.): Sachunterricht zwischen Alltag und Wissenschaft. Weinheim / Basel: Beltz 1983, S. 45-54
- Marquardt-Mau, Brunhilde: Neue Curricula für primary science education aus den USA - Anregungen für den Sachunterricht und die Lehrerbildung. In: Marquardt-Mau, Brunhilde / Köhnlein, Walter / Cech, Diethard / Lauterbach, Roland (Hrsg.): Lehrerbildung Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1996, S. 69-89
- Marquardt-Mau, Brunhilde: Sachunterricht in der Wissensgesellschaft - Konsequenzen für die naturwissenschaftlich orientierte Grundbildung. In: Kahlert, Joachim / Inckemann, Elke (Hrsg.): Wissen, Können und Verstehen - über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2001, S. 97-114
- National Research Council: National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press 1996
- Nation Commission on Excellence in Education: A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform. U. S. Government Printing Office 1983
- Osborne, J.: Beyond Belief and Towards Circumspection. Paper presented at the NARST Conference, San Diego 1998
- Prenzel, M. / Geiser, H. / Langeheine, R. / Lobmeier, K.: Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In: Bos, W. / Lankes, E.-M. / Prenzel, M. / Schwipert, K. / Walther, G. / Valtin, R. (Hrsg.): Erste Ergebnisse aus IGLU. Münster: Waxmann 2003, S. 143-187
- Scottish Science Review Group (Eds.): Science Education in Scottish Schools. Edingburgh 1995

Abb. 1: Dass Luft das Wasser daran hindert, in das Glas einzudringen, finden die Kinder mit Hilfe des Taucherglockenversuches heraus. Luft ist nicht nichts – diese Einsicht ist Voraussetzung, um zu verstehen, dass Luft Widerstand bietet, Dinge in Bewegung versetzen kann und Gewicht hat.



Kindern beim Erlernen von Naturwissenschaften helfen

Naturwissenschaftlicher Sachunterricht

Kornelia Möller Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule muss die Lernmöglichkeiten von Grundschulkindern berücksichtigen, um Überforderung, aber auch Unterforderung zu vermeiden. Lernangebote sollten sich, so der russische Psychologe Wygotski in der so genannte »Zone der nächsten Entwicklung« befinden – mit Hilfe der Lehrkraft können dann Lernfortschritte ermöglicht werden, die über das, was bereits gewusst, gekannt oder verstanden wird, hinausgehen. Wie aber bestimmt man die Zone der nächsten Entwicklung? Und welche Aufgabe hat die Lehrkraft in einem solchen Unterricht?

Naturwissenschaftliche Themen haben Eingang in die Grundschullehrpläne gefunden

Naturwissenschaftliche Themen der belebten und unbelebten Natur haben Eingang in die Lehrpläne für den Sachunterricht gefunden, in Deutschland und international, in Industrieländern wie auch in Entwicklungsländern. Worauf ist diese gegenwärtige Betonung der Naturwissenschaften in der Grundschule zurückzuführen? Zum einen sicherlich auf das schlechte Abschneiden vieler Länder in den internationalen Leistungsvergleichsstudien, zum anderen aber auch auf den gestiegenen gesellschaftlichen Bedarf

an Technikern und Naturwissenschaftlern, dem man durch eine frühe Förderung des naturwissenschaftlichen und technischen Lernens begegnen möchte. Zudem haben neuere entwicklungs- und lernpsychologische Erkenntnisse dazu beigetragen, dass wir Grundschulkindern heute kognitiv mehr zutrauen: In Forschungen zeigte sich, dass sich Grundschul Kinder auch mit anspruchsvollen Themen, wie zum Beispiel mit Themen wie Schwimmen und Sinken, Luft und Luftdruck, Schall, Optik und Verbrennung interessiert und verstehend auseinandersetzen und dabei naturwissenschaftliche Arbeitsweisen erlernen können. Auch deuten Forschungsergebnisse zum Lernen von Mathematik darauf hin, dass frühes Lernen im Grundschulalter spätere Lernchancen eindeutig erhöht (Stern 2003).

Lernen von Naturwissenschaften als Verändern vorhandener Vorstellungen

Gerade im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht kommt es darauf an, zunächst einmal herauszufinden, was Grundschul Kinder an Vorerfahrungen und Vorstellungen zum vorgesehenen Unterrichtsthema mitbringen. Aus der internationalen Forschung haben wir eine Fülle von Ergebnissen zu sog. Präkonzepten. Damit sind Vorstellungen gemeint, mit denen Grundschul Kinder in den Unterricht eintreten. So wissen wir zum Bei-

Literatur

- Möller, Kornelia: Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule: Eine neue Idee? Erscheint in: P. Hanke (Hrsg.): Grundschule in Entwicklung. Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute. Münster: Waxmann Verlag, S. 107–127.
- Fölling-Albers, Maria: Lernen, Wissen und Verstehen. In: Grundschule, Heft 10, 1997.
- Stern, E. (2003): Früh übt sich. Neuere Ergebnisse aus der LOGIK-Studie zum Lösen mathematischer Textaufgaben in der Grundschule. In: Fritz, A./Ricken, G./Schmidt, S. (Hrsg.): Handbuch Rechenschwäche, Lernwege, Schwierigkeiten und Hilfen. Weinheim: Beltz.

spiel, dass viele Grundschul Kinder glauben, Luft sei eigentlich »Nichts«, habe kein Gewicht und sei nur vorhanden, wenn sie bewegt ist, wenn also Wind weht. Die Lehrkraft kann diese Vorstellungen in einem Kreisgespräch, mit Hilfe einer schriftlichen Befragung oder mit Hilfe von zeichnerischen Darstellungen zunächst erfragen, bevor sie mit dem Unterricht beginnt. Im Unterricht wird sie dann mit den Kindern anhand einfacher Versuche zunächst erarbeiten, dass Luft nicht Nichts ist, Platz braucht, Wasser verdrängen kann und auch Gewicht hat. Erst wenn diese Basis gelegt ist, geraten weitere Eigenschaften der Luft in die Zone der nächsten Entwicklung: Nun können Kinder erarbeiten, dass Luft Widerstand bietet, sich bei Erwärmung ausdehnt und Druck ausübt. Zu fragen ist also jeweils, wo Kinder in ihrem Wissen, Verstehen oder Können »stehen«, ob die angestrebten Einsichten bzw. das angestrebte Verhalten von diesem »Stand« aus im Unterricht erreichbar sind und welche Unterstützung Kinder brauchen, um entsprechende Lernschritte zu machen.

Häufig stehen die zu erarbeitenden Vorstellungen im Gegensatz zu dem, was Kinder bisher glauben bzw. gehört oder aus Medien übernommen haben. So haben z. B. viele Kinder (und auch Erwachsene) die Vorstellung, dass Bälle springen, weil sich darin Luft befindet. Dass Bälle auch ohne Luft springen und dass auch Holzkugeln und selbst Metallkugeln springen, weil das Material elastisch ist und sich nach Verformung wieder ausdehnt, ist ein anspruchsvolles Lernziel (Abb. 1).

Kinder erreichen dieses Lernziel, indem sie entsprechende Gegenstände testen, ihr Springverhalten beobachten und ihre Beobachtungen auswerten. Bereits vorhandene Vorstellungen werden so überprüft, erweitert, differenziert und manchmal auch »über Bord geworfen«. Nach einem Unterricht zum Schwimmen und Sinken sagte uns ein Kind als Beantwortung auf die Frage, warum ein großes Schiff nicht untergeht: »Es liegt nicht an der Luft, es liegt auch nicht an dem Gleichgewicht, es liegt an dem Wasser.« In diesem Fall hat das Kind einen »Wechsel« in seinen Vorstellungen vollzogen: Es hat bewusst eine nicht haltbare Vorstellung durch eine angemessenere Vorstellung ersetzt. Weil Lernende in solchen Prozessen Wissen aktiv konstruieren, sprechen wir auch von sog. konstruktivistischen Auffassungen im Hinblick auf Lernen. Diese Beispiele zeigen, wie naturwissenschaftliches Lernen ablaufen sollte: Vorhandene Vorstellungen werden zunächst geäußert, dann überprüft und anschließend gegebenenfalls modifiziert. Lernpsychologen sprechen von Conceptual Change von der Veränderung vorhande-

ner Vorstellungen im Lernprozess. Nur wenn diese Veränderungen aktiv vom Lernenden vollzogen werden, lassen sich nachhaltige Lernprozesse erreichen. Wissen muss vom Lernenden selbst aufgebaut, getestet und differenziert werden – es kann nicht wie im Nürnberger Trichter-Modell den Lernenden vermittelt werden (vgl. auch Fölling-Albers 1997).

Ein weit verbreitetes Missverständnis: Handeln statt Denken

Was bedeutet das für den konkreten Unterricht? Leider wird dieses Prinzip häufig missverstanden, indem die erforderliche Aktivität der Lernenden auf das Handeln, z. B. auf das nach Anleitung erfolgende Durchführen von Versuchen, beschränkt wird. Die Erklärung der beobachteten Effekte wird dann anschließend von der Lehrkraft vermittelt.

[illegible]

Abb. 2: Arbeitsblatt zum Thema »Schwimmen und Sinken«

Vorschnell gegebene Erklärungen verhindern den Aufbau von Wissen, insbesondere den in vielen Fällen notwendigen Umbau des bereits vorhandenen Wissens. Erzeugt wird »träges Wissen«, womit ein Wissen gemeint ist, dass uns nicht für Anwendungen zur Verfügung steht und das auch schnell wieder vergessen wird. Ein Unterricht, der Kindern helfen möchte, selbst aktiv Wissen aufzubauen, muss dagegen das eigene Denken der Kinder stimulieren. Er bietet Kindern einerseits notwendige Handlungserfahrungen, um Möglichkeiten zum Aufbau und zur Überprüfung von Vorstellungen bereit zu stellen, gibt zum anderen aber auch dem Reflektieren über diese Handlungserfahrungen ausgiebig Raum. Ein solcher Unterricht ist aktional und kognitiv aktivierend.

Zu Abbildung 2

In diesem Beispiel liefert das Schulbuch die Erklärung. Ein Nachdenken ist nicht mehr erforderlich – das anspruchsvolle Schlussfolgern aus den durchgeführten Versuchen wird den Kindern abgenommen. Aus der lernpsychologischen Forschung wissen wir aber, dass solche Lernresultate nicht nachhaltig sind: Vollziehen Kinder solche Schlussfolgerungen nicht selber, können sie diese nicht wirklich verstehen und lernen sie allenfalls auswendig. Nicht verstandenes und nicht integriertes Wissen ist allerdings kaum anwendbar – es steht uns nicht zur Verfügung, wenn wir z. B. erklären wollen, warum ein schwerer Baumstamm nicht sinkt. Hierzu müssten die Kinder ein tieferes Verständnis erwerben: Das Schwimmen bzw. Sinken ist wie ein Kräftespiel. Wenn das nach unten ziehende Gewicht schwächer ist als das nach oben drückende Wasser, dann schwimmt ein Gegenstand. Dieses Verständnis steht am Ende eines Unterrichts, in dem die Kinder das Nach-Oben-Drücken des Wassers und die Abhängigkeit des Drückens von der erzeugten Wasserverdrängung in vielen Versuchen, auch im Schwimmbad, erfahren und reflektiert haben.

Was wollen wir mit einem solchen Unterricht erreichen?

Vorrangiges Ziel ist nicht, eine möglichst breite Wissensbasis für weiterführendes Lernen zu schaffen. Der Unterricht soll vielmehr dazu beitragen, Kinder in naturwissenschaftliche Den- und Arbeitsweisen einzuführen und ihnen zu helfen, einige grundlegende naturwissenschaftliche Vorstellungen zu entwickeln. Entscheidend ist dabei die Art und Weise, wie naturwissenschaftliches Wissen erworben wird: Nicht durch Vermittlung, sondern durch eigenes Nachdenken und durch ein Sich-Einlassen auf forschendes Denken. Ein solches Lernen stärkt die Gedankenkräfte von Grundschulkindern, fördert das Interesse von Jungen und Mädchen und vermag Selbstvertrauen in die eigenen Denkfähigkeiten zu vermitteln.

Autorin

Prof. Kornelia Möller
Universität Münster
Schlossplatz 2
48149 Münster

Das Unterrichtsgespräch ist wichtig

Unterrichtsgesprächen kommt in einem Unterricht, der Schülerinnen und Schülern beim Aufbau von Vorstellungen helfen möchte, eine besondere Bedeutung zu. Gemeinsam wird die Haltbarkeit von aufgestellten Vermutungen und möglichen Erklärungen überprüft. Die Lehrkraft hat in solchen Gesprächen eine unterstützende und gesprächssteuernde, nicht aber eine erklärende Funktion: Sie fordert die Kinder auf, Begründungen zu geben, fokussiert das Gespräch immer wieder auf die zu verfolgende Frage, hält Zwischenergebnisse fest und macht auf Erfahrungen, Beobachtungen, etwaige Widersprüche und ungeklärte Fragen aufmerksam. In der psychologischen Literatur wird dieses Verhalten der Lehrkraft häufig mit »Scaffolding« beschrieben. Die Lehrkraft stützt das eigenständige Denken der Kinder, indem sie ein »Gerüst« im Sinne notwendiger Hilfen mit dem Ziel anbietet, das eigene Denken der Kinder zu fördern. Montessoris Ausspruch »Hilf mir, es selbst zu tun« kann hierbei als Leitidee fungieren. Soviel Hilfe wie notwendig und so wenig Hilfe wie möglich zu geben, ist das zu Grunde liegende Prinzip. Auch der sog. genetische und sokratische Unterricht, der von Martin Wagenschein, einem Naturwissenschaftsdidaktiker, beschrieben wurde und von Siegfried Thiel, Walter Köhnlein und Michael Soostmeyer für den Sachunterricht aufgegriffen wurde, folgt diesem Grundgedanken.

Erfahrungsmöglichkeiten bereit stellen

Neben der Gesprächsführung ist die Auswahl der Unterrichtsmaterialien und der bereitgestellten Erfahrungsmöglichkeiten ein wichtiges Element der Unterstützung. Welche Materialien, welche Erfahrungen helfen meinen Schülern, vorhandene Vorstellungen als nicht hinreichend zu erkennen? So gibt zum Beispiel ein im Wasser sinkendes hohles Porzellantöschchen den Anstoß, die »Hohlheits«-Vorstellung beim Thema Schwimmen und Sinken als unzureichend zu erkennen. Wichtig ist, dass es sich um eindeutige und wirklich überzeugende Erfahrungen handelt. Der Besuch im Schwimmbad, der im Rahmen des Themas »Schwimmen und Sinken« stattfindet, lässt Kinder zum Beispiel den im Wasser wirkenden Auftrieb am eigenen Körper eindrücklich erleben.

Unterricht angemessen gliedern

Häufig ist auch eine angemessene Gliederung des Unterrichtsthemas in Teilaspekte erforderlich, um die Zone der nächsten Entwicklung für Grundschul Kinder zu »treffen«. Problemorientierte und alltagsnahe Fragestellungen in anspruchsvollen Inhaltsgebieten sind oft von hoher Komplexität. Sie können das eigenständige Den-

ken von Kindern erschweren und die Lernenden entmutigen. Auch sollte stärker bedacht werden, in welcher Reihenfolge Unterrichtsthemen bearbeitet werden sollten. So sollte z. B. das Thema »Luft« vor dem Thema Schall erarbeitet werden, weil die Übertragung von Schall in der Luft nur verstehbar wird, wenn für die Lernenden Luft nicht »Nichts« ist. Aufgabe der Lehrkraft ist es, den Unterricht so anzulegen, dass er das Verstehen der Lernenden unterstützt und auch leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern Lernchancen bietet. (Abb. 2)

Was bewirkt ein solcher Unterricht?

In Forschungen konnten wir zeigen, dass ein konstruktivistisch orientierter Unterricht, der mit einer angemessenen Gliederung und einer unterstützenden Gesprächsführung einhergeht, zu nachhaltigen Lernergebnissen im anspruchsvollen Inhaltsbereich Schwimmen und Sinken bei Grundschulkindern der dritten Klasse führte. Es konnte gezeigt werden, dass Fehlvorstellungen auch nach einem Jahr signifikant geringer vorkamen als in einer Vergleichsgruppe und dass wissenschaftliche Vorstellungen ebenfalls langfristig aufgebaut werden konnten. Auch leistungsschwache Kinder machten in dem Unterricht belegbare Lernfortschritte; die Mädchen starteten zwar mit einem geringeren Wissen als die Jungen in den Unterricht, konnten aber die Jungen im Unterricht in den Lernergebnissen einholen. Wir stellten ebenfalls fest, dass ein Unterricht, der im Sinne eines Werkstattunterrichts mit einem geringeren Umfang der Klassengespräche und einer geringeren Sequenzierung der Inhalte einherging, dem zuvor beschriebenen Unterricht in der Nachhaltigkeit der Lernergebnisse unterlegen war. Auch die leistungsschwächeren Kinder profitierten von diesem Unterricht deutlich weniger als von dem zuvor beschriebenen Unterricht. Insgesamt zeigen unsere Ergebnisse, dass Grundschul Kinder in der Lage sind, anspruchsvolle Vorstellungen nachhaltig aufzubauen sowie nicht belastbare Vorstellungen abzubauen. Das aufgebaute Wissen war bei vielen Kindern bereits integriert und auch anwendungsfähig. Eine unterstützende Gesprächsführung und ein sequentieller Aufbau des Unterrichts hat sich dabei als förderlich erwiesen. Diese Maßnahmen scheinen insbesondere bei anspruchsvollen und komplexen Themenstellungen im Grundschulalter bedeutsam zu sein. Dass die Grundschul Kinder sich insgesamt nicht überfordert fühlten, zeigten unsere Begleituntersuchungen. Mädchen und Jungen wiesen eine hohe Lernzufriedenheit auf, verfolgten den Unterricht sehr motiviert und zeigten ein hohes Interesse am Unterrichtsgegenstand. Auch auf die Erfolgszuversicht wirkte sich der Unterricht positiv aus. ■

weiterführende Literatur

RITA WODZINSKI

Experimentieren im Sachunterricht

Im Schulltag versteht man unter Experimentieren im Sachunterricht in erster Linie das Durchführen von Experimenten, wie sie in Grundschulmaterialien oder in zahlreichen Experimentierbüchern für Kinder zu finden sind. Die Durchführung der Experimente kann dabei sowohl in der Hand der Lehrkraft als auch in der Hand der Kinder liegen. Schüleraktivitäten, die beim Experimentieren mitgedacht werden, reichen vom einfachen Probieren und Erkunden von Materialien über die Durchführung von Experimenten nach vorgegebenen Anleitungen bis hin zu eigenen kleinen „Forschungsprojekten“, bei denen Kinder eigene Experimente entwerfen.

So verstanden können Experimente ganz verschiedene Bedeutungen haben. Sie können einerseits als Mittel betrachtet werden, um Methoden (natur-)wissenschaftlichen Arbeitens kennen zu lernen und einzutüben. Sie können andererseits aber auch Elemente der inhaltlichen Auseinandersetzung mit technischen und naturwissenschaftlichen Sachverhalten sein und Verstehensprozesse initiieren und unterstützen.

Begriffsklärungen

In der didaktischen Diskussion wird der Begriff des Experimentierens in der Regel deutlich enger gefasst. Experimentieren meint hier eine an das wissenschaftliche Experimentieren angelehnte Methode, durch zielgerichtete und eigenständige Planung von Experimenten eine offene Frage zu klären. Die meisten Formen experimentellen Arbeitens im Sachunterricht fallen damit streng genommen nicht unter das Experimentieren. Im Unterricht geht es z. B. meistens um die Demonstration eines Phänomens oder die Sammlung von Beobachtungen und nicht, wie beim wissenschaftlichen Experimentieren um die Prüfung einer Hypothese. Hartinger (2003) schlägt deshalb in Anlehnung an Muckenfuß (1995) vor, in diesen Fällen von Versuchen, statt von Experimenten zu sprechen. Experimentieren im engeren Sinn beinhaltet außerdem als ein wesentliches Element die Planung des Versuchsaufbaus. Auch dies ist in der Unterrichtspraxis oft nicht der Fall. Meistens arbeiten die Schülerinnen und Schüler nach vorgegebenen Anleitungen. Diese Form des experimentellen Arbeitens wird auch als „vorstrukturiertes Experimentieren“ oder als „Laborieren“ (Wiebel 2000) bezeichnet.

Während als Orientierungsrahmen für das Experimentieren im Sachunterricht auf der einen Seite das wissenschaftliche Experiment dient, stehen auf der anderen Seite kindliche Handlungsformen, die auf das Experimentieren hinführen.

So charakterisiert Möller das Experimentieren als eine Weiterentwicklung und Fortführung des spielerischen Erkundens, Explorierens und Probierens (Möller 1987, S. 384 ff.): Im Gegensatz zum Erkunden und Explorieren ist das Probieren und Experimentieren immer auf die Beantwortung einer Frage oder eines Problems ausgerichtet. Der entscheidende Übergang vom systematischen Probieren zum Experimentieren liegt in der Zielgerichtetheit der Planung und der geistigen Durchdringung des Problemlöseprozesses. Probieren und Experimentieren liegen also vergleichsweise nahe beieinander. Anders als beim Idealtyp wissenschaftlichen Experimentierens sind beim Experimentieren im Grundschulalter auch häufig noch Elemente des Probierens enthalten. Möller spricht deshalb von einer Vorform des Experimentierens (Möller 1987, S. 387).

Experimentieren im Kontext von Methodenlernen

In modernen Auffassungen des Sachunterrichts spielt das Experimentieren im Zusammenhang mit der Vermittlung von Methodenkompetenz eine große Rolle.¹ Zur Vermittlung von Methodenkompetenz gehört sowohl die Auseinandersetzung mit Alltagsmethoden als auch das Heranführen an wissenschaftliche Methoden, unter denen das Experimentieren eine besonders hoch entwickelte Methode darstellt. Wichtig bei der Erarbeitung von Methoden ist, dass die wissenschaftlichen Methoden von den kindlichen Zugangsweisen ausgehend mit den Kindern gemeinsam entwickelt werden:

„Die Grundschule ... analysiert und interpretiert die entsprechenden Handlungen der Kinder, sieht kindliche Hypothesen und 'Theorieansätze', kindliche Modell- und Analogiebildungen, nimmt das kindliche Fragenstellen und Antworten auf, unterstützt 'sich zeigende' Ansätze zum Beobachten, Messen, Schätzen, Darstellen und Dokumentieren, zum Versuchen und Experimentieren und führt sie weiter“ (Beck / Claussen 2000a, S. 8).

Dass Kinder bezogen auf das Experimentieren tatsächlich schon „auf dem Wege zur Wissenschaft“ sind, zeigt Köster in ihren Untersuchungen (Köster 2003). In den von ihr begleiteten Unterrichtsprojekten hatten Kinder die Möglichkeit, eigenverantwortlich eine Experimentiercke einzurichten und dort selbst organisiert zu arbeiten. Köster berichtet:

„Wo zu Beginn eher spielerisch exploriert wurde, werden nach einigen Wochen Fragen zu Phänomenen aufgeworfen und diese selbstständig durch Experimente beantwortet. Die Entwicklung sinnvoller Methoden (Verändern jeweils nur eines Parameters, Konzentration auf die Eingangsfrage, Auswahl geeigneter Materialien) entwickelt sich durch intensive Diskussionen von selbst. Nicht immer gelingt es den Kindern, Antworten zu finden, jedoch sind die Erfahrungen auf dem Weg zur Klärung

¹ In den verfahrensorientierten Konzeptionen der 70er Jahre (z. B. Science A Process Approach) spielen wissenschaftliche Methoden ebenfalls eine herausragende Rolle (vgl. z. B. Kaiser 2001).

des Phänomens jeweils so vielfältig, dass sie einen eigenen Wert in sich tragen“ (Köster 2003, S. 27).

Weitere eindrucksvolle Beispiele finden sich bei Soostmeyer (2002, z. B. S. 30ff.).

Auch wenn Kinder offenbar aus sich heraus wichtige Elemente der Methode des Experimentierens entwickeln können, ist eine gezielte Unterstützung und Anleitung hilfreich, um diese Kompetenzen bei möglichst allen Kindern zu fördern. Für die Qualität des Probierens und Experimentierens ist nach Meier insbesondere entscheidend, dass das intuitive Vorgehen bewusst gemacht wird und „von Beginn der Arbeit an immer wieder inne gehalten wird

- um die Fragestellung zu formulieren
- um Vermutungen festzuhalten
- um das Vorgehen zu planen
- um die Schritte des Experimentes festzulegen“ (Meier 2003, S. 24).

Mit der Methode des Experimentierens sollen Kinder ein vergleichsweise allgemeines, rationales Verfahren zur Lösung von Problemen kennen lernen, das auch in der Alltagspraxis eine gewisse Bedeutung hat (Köhnlein / Spreckelsen 1992). Es wird darüber hinaus erwartet, mit dem Experimentieren ein kritisches Bewusstsein zu schaffen und bestimmte Einstellungen wie Neugier, Rationalität, Offenheit, Kritikbereitschaft, Objektivität etc. zu prägen (Soostmeyer 2002, S. 120; Bäuml-Roßnagl 1979, S. 71).

Das Experimentieren ist andererseits aber auch der Kern naturwissenschaftlicher Arbeitsweise. Über das Experimentieren kann deshalb implizit ein Verständnis dafür angebahnt werden, wie Naturwissenschaften arbeiten und zu Ergebnissen kommen. Ein entsprechendes Argument für das Experimentieren im Sachunterricht formuliert Meier:

„Wissenschaftliche Methoden und ihre Ergebnisse sind ein wesentlicher Aspekt der heutigen Lebenswelt. Ihre Entwicklung durch Verwendung in Lernprozessen ist für eine qualifizierte Bildung unverzichtbar. Dabei geht es nicht nur um das funktionelle Können und Verstehen, es geht vor allem um (sicher bescheidenes) Verstehen auf der Ebene des informierten Laien, der den Wissenschaften, ihren Ergebnissen und Behauptungen nicht hilflos ausgeliefert sein darf“ (Meier 2003, S. 13).

Für eine Unterrichtspraxis, die Kindern hilft, ihre Fähigkeiten zum Experimentieren anwenden und erweitern zu können, lassen sich folgende didaktische Arrangements unterscheiden (vgl. Beck / Claussen 2000b):

- Anregungssituationen für erste Erfahrungen
- Auf einem Entdeckungstisch oder in der Forscherecke wird Material zusammengestellt, das von sich aus zum Erkunden anregt. Es werden keine festen Arbeitsaufgaben formuliert, sondern allenfalls Hinweise für eigene Erkundungen gegeben. „Im Vordergrund steht nicht eine naturwissenschaftliche

Erkenntnis, sondern Neugier und die Bereitschaft eigenen Fragen nachzugehen“ (Beck / Claussen 2000b, S. 10).

– Versuchsaufgaben

Bei den Versuchsaufgaben soll gezieltes, aber spielerisches Probieren initiiert werden. Ihre Bearbeitung stellt einen Schatz an konkreten Erfahrungen bereit und fördert zugleich die Fähigkeit zum genauen Beobachten. Es geht dabei noch nicht um die Suche nach Erklärungen, sondern um die Vertiefung und Ausdifferenzierung von bereits erworbenen Fähigkeiten.

– vorstrukturierte Versuche (Laborieren)

Laborieren meint das gezielte Arbeiten an einem Problem mit Hilfe strukturierter Experimentieranleitungen. Es ist dem Experimentieren bereits sehr nahe und vermutlich die häufigste Form des Einsatzes experimenteller Arbeit in der Unterrichtspraxis (siehe auch Wiebel 2000).

– freies Experimentieren

Die höchste Stufe experimentellen Arbeitens ist schließlich das freie Experimentieren. Unterrichtspraktische Hinweise dazu findet man bei Claussen (1996).

Experimentieren im Kontext von Verstehen

Neben der Entwicklung von Methodenkompetenz dient experimentelles Arbeiten im Sachunterricht häufig dazu, die sachliche Auseinandersetzung über naturwissenschaftliche Phänomene und Sachverhalte in Gang zu setzen und zu unterstützen. Überraschende experimentelle Demonstrationen können oft den Ausgangspunkt einer solchen Auseinandersetzung bilden, indem sie die Neugierde der Kinder wecken und zu Fragen anregen.² Das Wecken von Neugier und Interesse sowie das Aufrechterhalten des Forscherdrangs sehen viele Autoren sogar als eines der wichtigsten Ziele der experimentellen Arbeit im Sachunterricht an (z. B. Soostmeyer 2002, S. 6; Schreier 1993, S. 17). Aus der Motivations- und Interessenforschung ist bekannt, dass für den Aufbau von Interesse insbesondere das Erleben von Kompetenz und Autonomie von Bedeutung sind. Für Schülerexperimente bedeutet das: Die Durchführung der Schülerversuche sollte möglichst allen Kindern gelingen, es sollten aber darüber hinaus auch Spielräume für individuelle und kreative Variationen oder für eigene Experimente vorhanden sein (vgl. Wiebel 2000, S. 45).

In den letzten Jahren wird experimentelles Arbeiten zunehmend im Rahmen von Werkstattarbeit oder anderen freieren Arbeitsformen organisiert. Dabei kann leicht übersehen werden, dass naturwissenschaftliche Zusammenhänge sich den Kindern nicht immer in eigenständiger Arbeit erschließen, wie viele Experimen-

² Ein lehrreiches Beispiel dazu, wie Lehrkräfte sich in der Einschätzung der Interessantheit irren können, findet man bei Soostmeyer (2002, S. 30ff.).

tierbücher für Kinder glauben machen wollen. Oft ist eine gezielte Unterstützung von Seiten der Lehrkraft notwendig, um Zusammenhänge zu erkennen und Beobachtungen mit anderen Beobachtungen oder Erfahrungen zu verknüpfen und so Verstehen in Gang zu setzen. Auch Wiebel sieht die größte Herausforderung für die Lehrkraft beim „Laborieren“ im „beharrlichen Insistieren auf vertieftem Verstehen“ (Wiebel 2000, S. 46).

Eine Möglichkeit, um über Versuche Verstehensprozesse zu initiieren, zeigt Spreckelsen am Beispiel der Phänomenkreise auf (Spreckelsen 1997). Dabei werden verschiedene Versuche zum gleichen Phänomen vergleichend diskutiert. In der Suche nach den Gemeinsamkeiten kristallisiert sich schließlich der eigentliche Kern des Phänomens heraus. Damit dies geschieht, bedarf es jedoch der Lenkung des Gesprächs durch die Lehrkraft.

Möller et al. haben in ihren jüngsten Untersuchungen zum „Schwimmen, Schweben, Sinken“ ebenfalls nachweisen können, dass ein Unterricht mit strukturierten Anteilen, der den Kindern bei der Aufarbeitung ihrer experimentellen Erfahrungen hilft, zu deutlich größerem Lernerfolg führt, als ein eher werkstattartig angelegter Unterricht (Möller et al. 2002).

Das Thema „Schwimmen, Schweben, Sinken“ ist eines unter vielen naturwissenschaftlichen Themen, zu denen Kinder relativ stabile Vorerfahrungen mitbringen, die einem Verstehen im Wege stehen und den Neuaufbau von Konzepten erforderlich machen. Bei Themen dieser Art müssen Versuche besonders gründlich ausgewählt und viel Zeit für das Durcharbeiten der Konzepte im gemeinsamen Gespräch investiert werden. Vor diesem Hintergrund weist Möller darauf hin, dass es im Sachunterricht nicht darum geht,

„mit Grundschulkindern möglichst viele Experimente durchzuführen und eine Vielzahl physikalischer oder chemischer Begriffe vorzubereiten. Im gründlichen Durchdenken und Versprachlichen von Vermutungen, Deutungen und Schlussfolgerungen ereignet sich, zumindest in Ansätzen, verstehendes Lernen. Dieses vermittelt Befriedigung und stärkt das Selbstvertrauen in eigene Denkfähigkeiten“ (Möller 2000, S. 57).

Fazit

Das Experimentieren berührt eine ganze Bandbreite verschiedener Zielsetzungen des Sachunterrichts. Um anspruchsvollen Sachunterricht zu gestalten, ist es notwendig, sich dieser Vielfalt bewusst zu sein, denn je nachdem, welche Zielsetzungen im Vordergrund stehen, ist ein anderer Grad von Offenheit des Unterrichts und eine andere Form der Unterstützung durch die Lehrkraft notwendig. Sachunterricht sollte sich darum bemühen, diese Vielfalt der Formen und Ziele experimentellen Arbeitens auch in der Unterrichtspraxis abzubilden.

Literatur

- Bäumel-Robnagl, Maria-Anna: Das Experiment im Sachunterricht der Grundschule. Ansbach: Prögel 1979
- Beck, Gertud / Clausen, Claus: Kinder – Methoden – Kompetenz. In: Die Grundschulzeitschrift 139, 2000a, S. 6–9
- Beck, Gertud / Clausen, Claus: Experimentieren im Sachunterricht. In: Die Grundschulzeitschrift 139, 2000b, S. 10–11
- Clausen, Claus: Freies Experimentieren. In: Grundschule 28, 1996, H. 12, S. 22–23
- Hartinger, Andreas: Experimente und Versuche. In: Reeken, Dietmar von (Hrsg.): Handbuch Methoden im Sachunterricht. Baltmannsweiler: Schneider 2003, S. 68–75
- Kaiser, Astrid: Einführung in die Didaktik des Sachunterrichts. Baltmannsweiler: Schneider 2001
- Köhnlein, Walter / Spreckelsen, Kay: Werkstatt „Experimentieren“. In: Hameyer, Uwe / Lauterbach, Roland / Weichmann, Jürgen (Hrsg.): Innovationsprozesse in der Grundschule. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1992, S. III-156–III-167
- Köster, Hilde: Kinder erleben Naturphänomene mit allen Sinnen. In: Praxis Grundschule 26, 2003, H. 4, S. 24–27
- Meier, Richard: Themenheft „Methoden“. Grundschule Sachunterricht. Seelze: Friedrich 2003, H. 18
- Möller, Kornelia / Jönen, Angela / Hardy, Ilona / Stern, Elisabeth: Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Zeitschrift für Pädagogik 45, Beihft., 2002, S. 176–191
- Möller, Kornelia: Verstehendes Lernen im Vorfeld von Naturwissenschaften? In: Die Grundschulzeitschrift 139, 2000, S. 54–57
- Möller, Kornelia: Lernen durch Tun. Frankfurt a. M.: Peter Lang 1987
- Muckenfuß, Heinz: Lernen im sinnstiftenden Kontext. Berlin: Cornelsen 1995
- Schreier, Helmut: Der Mehlwurm im Schuhkarton. Kronshagen: Köner 1993
- Soosmeyer, Michael: Genetischer Sachunterricht. Baltmannsweiler: Schneider 2002
- Spreckelsen, Kay: Phänomenkreise als Verstehenshilfe. In: Köhnlein, Walter / Marquardt-Mau, Brunhilde / Schreier, Helmut (Hrsg.): Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997, S. 111–127
- Wiebel, Klaus Hartmut: „Laborieren“ als Weg zum Experimentieren im Sachunterricht. In: Die Grundschulzeitschrift 139, 2000, S. 44–47
- Aus:
KAISER, A. / PECH, D. [Hrsg. (2006)]: Basiswissen Sachunterricht: Unterrichtsplanung und Methoden. – 2. Aufl. – Hohengehen, S. 124–129.