

# Umgehen mit Natur und naturbezogenes Lernen im Sachunterricht – Lebende Natur

Hartmut Giest und  
Steffen Wittkowske

Umgehen mit Natur und naturbezogenes Lernen  
im Sachunterricht - Lebende Natur.

IN: Naturbezogenes und naturwissenschaftliches  
Lernen im Sachunterricht.

Giest, H.; Wittkowske, S. (Hrsg.),  
2008, S. 7 - 32

*„Sie hatten sich eine Welt aus zweiter Hand geschaffen, eine jener idealisierten Kopien, wie sie den Menschen zunehmend vertrauter wurden als die Wirklichkeit: Wer wollte noch etwas über das wahre Leben im Mittelalter wissen, wenn Hollywood es auf seine Weise zeigte? Wen interessiert, wie ein Fisch starb, wie er blutete, aufgeschnitten und seine Eingeweide entnommen wurden, solange man auf Eis liegende Stücke kaufen konnte? Amerikanische Kinder malten Hühner mit sechs Beinen, weil Hühnerchenkel im Seherpack angeboten wurden. Man trank Milch aus einem Pappkarton und ekelte sich vor dem Inhalt eines Euters. Das Weltentpfinden verkrüppelte, und damit einher ging Arroganz.“  
Frank Schätzing „Der Schwarm“ (Kiepenheuer & Witsch 2004, S. 276)*

## 1 Umgehen mit Natur – Der Bildungswert von Natur

Die Geschichte der Menschheit ist im Vergleich zur Geschichte der Natur auf unserem Planeten nur ein Wimpernschlag und doch hat diese winzige Zeiterappe nachhaltige Spuren in der Natur hinterlassen, die mit ihrer natürlichen Entwicklung wohl kaum vergleichbar sind. Während die Jäger und Sammler noch weitgehend in Einheit mit der Natur lebten, hat sich mit Beginn der Landwirtschaft dieses Verhältnis grundlegend geändert. Der Mensch empfand die natürlichen Bedingungen seines Lebens als Naturzwang (E. Bloch) und versuchte, sich davon zu befreien und strebte danach, die Natur zu beherrschen. Damit einher ging eine wachsende Entfremdung von der Natur, deren Spuren wir bereits in der Bibel (der Mensch als „Herr“ und die Natur als „Untertan“) finden.

Die Entgegensetzung von Mensch und Natur oder auch Kultur und Natur hat tiefe Spuren in der Wissenschaftsgeschichte hinterlassen. Vor allem im Diskurs zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften, wenn er denn stattfindet, ist es nach wie vor nicht gelungen, ein ganzheitliches Bild vom Menschen zu zeichnen, welches die Einheit biotischer, psychischer und sozialer Komponenten, Faktoren und Bedingungen seiner Existenz und Entwicklung einfängt. Beispielsweise werden die natürlichen und kulturellen Anteile menschlicher Entwicklung (z.B. Intelligenz, soziales Verhalten u.a.) teilweise alternativ diskutiert (vgl. Scheunpflug & Wulf 2006).

Noch deutlicher kommt allerdings die Entgegensetzung von Natur und Kultur bzw. Natur und Mensch in der modernen industriellen Entwicklung zum Ausdruck. Trotz insgesamt gewachsenen Bewusstseins über die Gefahren ungebremster Ausbeutung und Verschmutzung der Natur sind nach wie vor weltweit kaum nachhaltige Gegenmaßnahmen getroffen worden. Es scheint also im Bewusstsein der Welt (noch) nicht angekommen zu sein, dass der Mensch abhängiger Teil der Natur ist und die Sicherung seiner Existenz nur im Rahmen einer Naturallianz möglich wird, bei der die verloren gegangene Einheit mit der Natur wieder hergestellt wird.

Daraus leitet sich die gesamtgesellschaftliche Aufgabe ab, das Verhältnis von Mensch und Natur nachhaltig zu revidieren. Ganz klar spielt Bildung hierbei eine entscheidende Rolle, dieses Schlüsselproblem der Menschheit (Klafki) zu thematisieren und darauf hinzuwirken, dass der nachwachsenden Generation die Notwendigkeit eines veränderten Umgangs mit der Natur zu Bewusstsein kommt und nachhaltig ihr Handeln bestimmt. Hiern ist der eigentliche Bildungswert des „Umgehens mit der Natur“ zu sehen.

## 2 Evolution als grundlegendes Gesetz der lebenden Natur

Die Natur hat sich als Folge der Evolution seit Jahrmillionen so entwickelt, wie sie uns heute begegnet und, daran sollte man immer denken, sie entwickelt sich stets weiter. Das Besondere an diesem Entwicklungsprozess ist, dass er auf ganz natürliche Weise vonstatten gegangen ist, das aber bedeutet, er folgt ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten, die in den Naturwissenschaften erforscht werden. Die Evolutionstheorie im Sinne Darwins ist die bislang erklärungsreichste Theorie, an welche andere existierende Auffassungen (z.B. Vitalismus – „Lebenskraft“ als Evolutionsfaktor, Finalismus – zielgerichtete Evolution, Kreationismus – Schöpfungstheorie, Lamarckismus – Vererbungstheorie, Saltationismus – Großmutationen als Ursache der Bildung von Arten, Kritische Evolutionstheorie – Reduktion der Evolution auf die Biomechanik) nicht heranreichen.

In der Auseinandersetzung des Lebewesens (ihm kommt entgegen der übrigen Natur eine geringe Entropie, d.h. ein hohes Maß an [energetischer] Ordnung zu) mit seiner Umwelt (die insgesamt ein höheres Maß an Entropie aufweist und von daher einen das Leben als Prozess herausfordernden Gegensatz darstellt – „struggle for life“) überleben die am besten an die Umwelt angepassten Individuen. Die Anpassung an die Umwelt erfolgt über natürliche Auslese. Dieses Gesetz der Entstehung und Höher-

## Umgehen mit Natur und naturbezogenes Lernen

Entwicklung der Arten dient der Optimierung der Ausstattung der Lebewesen, so dass nur jene Arten überlebt haben, die optimal an ihre Umwelt angepasst waren. Das Ergebnis des Wirkens dieses Gesetzes ist eine einzigartige Vielfalt an Lebensformen (weit über eine Million Tier- und über 500000 Pflanzenarten – genau angepasst an die je unterschiedlichen Lebensräume), ein scheinbar hohes Maß an Geordnetheit („fit“) und Ordnung in der Natur. Jede Art hat bestimmte Strategien entwickelt, um in ihrem Lebensraum, um in der Natur zu überleben. Für unsere Umwelt bedeutet das z.B.: Die eine Art verschläft die kalte Jahreszeit ohne ausreichendes Nahrungsangebot, die andere sammelt Vorräte und wieder eine andere verlässt einfach die unwirtlich werdenden Gefilde und wandert in eine Umwelt, in der sie überwintern kann.

Wie ein einzigartiges, bezauberndes und überwältigendes Uhrwerk erscheint uns die lebende Natur: Eins greift ins andere, alles ist aufeinander abgestimmt und irgendwie im Gleichgewicht – eben „angepasst“.

All dies müssen die Kinder wohl zunächst erfahren, wobei ihnen in erster Linie die Beschäftigung mit Tieren interessenmäßig sehr entgegen kommt, wie auch bisher unveröffentlichte empirischen Untersuchungen, die im Jahr 2000 in 31 Grundschulklassen im Großraum Dresden mit fast 500 Schülerinnen und Schülern durchgeführt wurden, zeigen. So assoziierten von uns befragte Grundschülerinnen und -schüler mit der Kategorie „Natur“ spontan Tiere (mehr als 60%) am häufigsten, gefolgt von den Kategorien Blumen/Pflanzen (54,8%) und Wald/Bäume (52,9%). Wiese und Gras waren für die Mädchen und Jungen von untergeordneter Bedeutung.

Andererseits scheinen sich die Hinweise auf eine wachsende Naturentfremdung gerade nach der Grundschulzeit zu mehrten. Brämer („Jugendreport NATUR“, 1997 und 2004) hat in Fragebogenaktionen mehrere Tausend Kinder und Jugendliche aus dem Ruhrgebiet und dem Sauerland zu ihrem Verhältnis zur Natur angesprochen. Die dabei gewonnenen Befunde scheinen ein Bild von Distanz zur Natur ebenso zu bestätigen wie unveröffentlichte Ergebnisse von Fragebogenaktionen, die mit Studienanfängern ausgewählter deutscher Universitäten in Veranstaltungen zum Sachunterricht zwischen 2000 und 2004 durchgeführt wurden.

Die Befragungen ergaben beispielsweise, dass die Natur in der Werteskala der Schülerinnen und Schüler der Klassen 1–(12)13 einen sehr hohen Rang einnahm. Mehr als vier Fünftel aller Befragten waren der Meinung, ohne die Natur nicht leben zu können. Andererseits konnten nur sehr wenige befragte Studierende eine befriedigende Antwort auf die Frage „Was ist ein Baum?“ geben. Dabei ist das Erlebnis Natur bei den von Brämer befragten Schülerinnen und Schülern besonders an das Landschaftselement „Wald“, und zwar nicht etwa an wilde Ur-Wälder, sondern an ganz gewöhnliche heimische Forsten, gebunden. An zweiter Stelle folgen bei ihm Landschaftsformationen, die irgendwas mit dem Wasser zu tun haben (Meere, Flüsse, Seen und erstaunlich häufig Wasserfälle), danach Gebirge und Berge. Nur zwei von hundert Befragten verbinden das Naturerlebnis mit Wiesen. Landwirtschaftlichen Nutzflächen wird überhaupt kein Naturerlebnis mehr zugemessen – allein der Garten kommt noch auf 1% der Stichworte. Oder anders – und um im „Bild“ von lebender Natur zu bleiben: Etwa 30% der Schulkinder können zur Färbung blühender Rapsfelder

(„Gelb“) in Brämers Untersuchungen nur eine falsche oder keine Auskunft geben. Die (nicht) genannte Farbe scheint es überhaupt „in sich“ zu haben: Meint doch jedes zehnte Kind, dass Enten „gelb“ sind, Grundschülerinnen und -schüler kamen sogar mehrheitlich „gelbe Enten“ in den Sinn. Offenbar lernen deutsche Kinder zuerst die gelben Medien- bzw. die danach geformten Spielzeugenten und erst später wirkliche Enten kennen: Kunstnatur kommt vor Realnatur!

Erinnert sei in diesem Zusammenhang noch einmal an die „lila Kuh“, jene äußerst einprägsame Erfindung cleverer Werbeprofis einer alpinen Schokoladenmarke, oder an die „Bambi-Goldigkeit“ des Rehs, die eine „andere Botschaft“ vom Wildtier vermittelt und vermutlich weit vor der originalen Begegnung in vielen deutschen Kinderköpfen „auftaucht“.

Zahlreiche aktuelle Befunde (s. oben) weisen auf eine dramatische Zunahme von Natur-Entfremdung Heranwachsender hin. Auch die zwischenzeitlich gewonnenen Daten eigener Untersuchungen aus weiterführenden Schulen zeigen den Trend: Die Distanz der dort lernenden Kinder zur Natur scheint größer zu werden. Deren Erkenntnisse zur Natur werden abstrakter, sie erkennen natürliche Zusammenhänge immer weniger. „Bambi-Syndrom“, „Nutzungs-Tabu“, „Botanik-Langeweile“, „Erlebnis-Defizite“ blockieren dabei massiv das Verständnis für Natur, gleichzeitig scheitern kulturelle und Bildungs-Defizite unübersehbar zu werden.

### 3 Das Verhältnis von Mensch und Natur

Es hat eine gewisse Tradition, den Kindern im Sachunterricht die Besonderheiten der lebenden Natur nahe zu bringen. Im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2002) wie auch in den meisten Rahmenlehrplänen für den Sachunterricht findet man daher Inhalte wie Stoffwechsel, Wachstum, Entwicklung, Reizbarkeit, Bewegung, Fortpflanzung, Vererbung als Merkmale bzw. Kennzeichen des Lebewesens und ordnende Gesichtspunkte, unter denen die Kinder sich Artenkenntnisse – Aussehen/ Erscheinungsform, Lebensweise von Pflanzen und Tieren aus ihrer Lebenswirklichkeit aneignen sollen sowie das Verhältnis zwischen lebender und nicht lebender Natur, Kreisläufe, Lebensraum, Nahrungsketten u.a.

Aber das reicht nicht aus. Es gibt auf unserer Erde kaum noch eine „natürliche“ Natur, d.h. eine solche, die vom Menschen unberührt, nicht umgestaltet oder beeinflusst ist. Die lernende Auseinandersetzung mit der Natur und mithin naturwissenschaftliches Lernen kann nicht losgelöst von der Frage des Umgangs der Menschen mit der Natur erfolgen. Das gilt aus seiner Grundkonzeption heraus für den Sachunterricht aber auch für den naturwissenschaftlichen Fachunterricht. Im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2002, S. 7) findet sich die grundlegende Orientierung und Zielstellung für naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule: „Durch Erschließen einfacher biologischer, chemischer und physikalischer Zusammenhänge können Naturphänomene gedeutet und kann ein verantwortlicher Umgang mit der Natur angebahnt werden.“ Inhaltlich geht es dabei besonders um die Thematisierung der:

## Umgehen mit Natur und naturbezogenes Lernen

- Probleme im Verhältnis von Mensch und Natur, auf die hinzuweisen ist, die es wahrzunehmen, zu identifizieren und zu bearbeiten gilt,
- Kennzeichen des Lebendigen, die auf elementarer Ebene zu entdecken sind und naturwissenschaftlicher Verfahren, die zu erarbeiten sind, wobei die Verfahrensbedingtheit des Wissenserwerbs erkannt werden soll.

Wenn dies mit einiger Aussicht auf Erfolg geschehen soll, muss auch die besondere Stellung des Menschen in der Natur thematisiert werden. Diese liegt nicht in den Merkmalen seines (biologischen) Lebens, sondern in den Merkmalen seiner Tätigkeit, seines durch Arbeit geregelten Stoffwechsels mit der Natur. Während die Tiere durch ihre pure Anwesenheit die Natur verändern und zwar in einer Weise, die sich im Laufe der Evolution entwickelt, in einer Art und Weise, die die Natur selbst hervorgebracht hat, verändert der Mensch die Natur zu seinem Nutzen und das oft genug ohne Berücksichtigung der anderen Lebewesen. Mit der spezifischen Art und Weise seiner tätigen Beziehung zur Natur entfernt er sich geradezu von ihr und das in dem Maße, in dem er seine Kultur (als Gegenentwurf zur Natur, als Ausdruck seines Strebens, die Natur zu beherrschen, von ihr möglichst unabhängig zu werden) entwickelt.

Damit greift der Mensch in das sorgfältig abgestimmte Räderwerk der Natur ein, verändert die Natur und bewirkt (innerhalb der kurzen Zeitspanne seiner Existenz, d.h. vor allem seit er mit dem Ackerbau und der Viehzucht begann), dass viele Lebensformen dauerhaft von der Erde verschwanden und immer mehr Lebensformen in ihrem Bestand bedroht sind. In der Natur können sich die Arten eben nicht so schnell veränderten Umweltbedingungen anpassen, wie der Mensch diese durch sein Wirken schafft.

Was also bleibende Erkenntnis beim Umgang mit der Natur sein sollte: Bedingt durch die natürliche Anpassbarkeit aller Lebewesen (Pflanzen und Tiere) an ihre Umwelt darf der Mensch diese Umwelt nicht verändern, wenn er nicht die Existenz der Tiere und Pflanzen gefährden will. (Bzw. er darf sie nur so verändern, dass andere Lebewesen nicht gefährdet werden, aber das ist wohl eher schwierig in dem undurchsichtigen „Räderwerk“ Natur!) Eine weitere Konsequenz: Bedingt durch ihre Anpassbarkeit an die Umwelt müssen Tiere artgerecht gehalten bzw. bei Pflanzen die Standortbedingungen beachtet werden, sonst nehmen sie Schaden.

Da der Mensch selbst Lebewesen ist (und anders als es Science-Fiction Filme vorgaukeln, in absehbarer Zeit und wohl keinesfalls zu 6 Milliarden diese Erde verlassen kann), ist er selbst als Naturwesen auf die Natur angewiesen: Er benötigt sie als Lebensgrundlage. Alle Versuche, die es ja gegeben hat, in künstlichen Biotopen zu überleben (was im Ernstfall nur einer kleinen Gruppe von Menschen möglich wäre) sind im Prinzip gescheitert. Wenn der Mensch nicht seine eigene Lebensgrundlage zerstören will, muss er die Gesetze der Natur beachten. Natürlich muss er sie vorher kennen und das nicht nur in den Formen, die seinen Bedürfnissen entgegen kommen (z.B. c-Werte beim Auto im Windkanal), sondern die Bedürfnisse, besser die komplexe Existenz und Entwicklung der Natur betreffend.

Das geschieht heute in verstärktem Maße bei der Erforschung des Klimawandels, der Tektonik, der Gesundheit/ Krankheit, des Wetters und der Beziehungen zwischen

der lebenden und nicht lebenden Natur (Artensterben und Erwärmung der Meere, Fischfangquoten, ...).

Aufgabe der Bildung ist es in diesem Zusammenhang dazu beizutragen, dass erkannt wird: Jeder Mensch trägt für seinen Umgang mit der Natur Verantwortung und kann durch sein Verhalten zum Schutz oder zur Zerstörung bzw. Gefährdung der Natur beitragen.

#### 4 Folgerungen für den Unterricht

Im Rahmen des Grundschul- besonders des Sachunterrichts geht es nicht darum, dass Kinder lediglich Tiere und Pflanzen kennen lernen, sich Artenkenntnisse aneignen, sondern darum, das Verhältnis von Mensch und Natur zu reflektieren. Grundlegend hierfür muss der Gedanke der Angepasstheit von Pflanzen und Tieren an ihre Umwelt sein. Die Kinder müssen daher erkennen, dass Pflanzen und Tiere keine Menschen sind, die sich Strategien überlegen, um in der Umwelt zu überleben, sondern dass sich bei ihnen im Verlauf der Evolution (genetisch bedingte) Verhaltens- bzw. Entwicklungsprogramme entwickelt haben, die eine optimale Anpassung an die Umweltbedingungen gestatten. Das aber bedeutet: Wenn die Umweltbedingungen sich ändern, können sie sich nicht oder nur sehr begrenzt aktiv an diese veränderten Umweltbedingungen anpassen. In der Folge sind sie in ihren Lebensbedingungen beeinträchtigt, können sich nicht entsprechend entwickeln, ernähren, fortpflanzen. Wenn Kinder sich im Sachunterricht mit Pflanzen und Tieren beschäftigen, dann muss dies in der Weise erfolgen, dass sie sich die jeweilige Spezies auf dem Hintergrund ihrer Angepasstheit an die Natur bzw. Umwelt erschließen und daraus die Verantwortung des Menschen für Pflanzen und Wild- bzw. Nutztiere ableiten. Sie müssen erkennen, dass eine artgerechte Haltung von Nutztieren bzw. Haustieren erforderlich ist, um das Leben und die Gesundheit der Tiere zu schützen. Genauso müssen sie aber auch erkennen, dass das Gleichgewicht in der Natur nicht mit menschlicher Moral und Ethik zu bewerten ist, sondern dass die natürliche Nahrungskette, (Fressen und Gefressenwerden) zur Natur gehört und ihre Existenz, sowie insgesamt die der in ihr lebenden Pflanzen und Tiere sichert.

Dieser Grundgedanke sollte in gewisser Weise einen „advance organizer“ darstellen, der es gestattet, das Einzelwissen über verschiedene Pflanzen- und Tierarten zu ordnen, zu organisieren und in einen Grundzusammenhang zu stellen, der sinnstiftend und handlungsleitend wirkt. Dieser grundlegende Sachverhalt sollte auf exemplarisch ausgewählte Pflanzen- und Tierarten aus der Lebenswelt der Kinder konkretisiert werden. Dabei ist es bedeutsam, zunächst anhand eines besonderen Vertreters die Angepasstheit als allgemeines Merkmal herauszuarbeiten, um anschließend den Kindern die Möglichkeit zu geben, bei der Auseinandersetzung mit weiteren konkreten Lebewesen (Wild- und Nutzpflanzen, Wild- und Nutztieren) dieses allgemeine Merkmal auszdifferenzieren und zu konkretisieren.

Das Erlernen des „Umgehens mit der Natur“ ist nicht nur an naturwissenschaftliches Lernen i.e.S. gebunden, sondern hat eine starke ästhetische Komponente. Eine sich im Gleichgewicht befindliche Natur hat einen eigenen ästhetischen Wert. Das be-

wusste Wahrnehmen des Schönen in der Natur und ihrer ästhetischen Ordnung fördert die Herausbildung und Entwicklung tiefer emotionaler Bindungen und sensibilisiert für das Filigrane, aber auch für die Verletzlichkeit der Natur. Hierzu gehört das Staunen über die Blattfärbung im Herbst (Sammeln und Herbarisieren von Laubblättern), die Schönheit der Früchte, die mit Farben und Düften zum Verzehr locken, als auch das sinnliche Wahrnehmen der Veränderungen im Erscheinungsbild von Pflanzen und Tieren sowie in deren Verhalten in den verschiedenen Jahreszeiten. All diese vom Menschen wahrgenommene Ästhetik ist Ergebnis der Evolution, die auf den Erhalt des Lebens auf der Erde gerichtet ist.

Umgehen mit der Natur hat aber auch eine praktische Komponente. Unsere Kultur- entwicklung nahm ihren Anfang mit der Landwirtschaft. Landwirtschaft war und ist z.T. noch heute eine besondere Art des Umgehens mit der lebenden Natur, bei der der Mensch vor allem darauf aus ist, aus der Natur einen konkreten Nutzen zu ziehen und diesen Nutzen zu optimieren, oft genug, ohne an die Erhaltung natürlicher Kreisläufe zu denken. Garten-, Ackerbau und Viehzucht haben eine lange und sehr vielseitige kulturelle Tradition, bei der (nicht nur in den modernen Industrieländern) der Kosten-Nutzen-Faktor ausschließlich aus Sicht des Menschen beurteilt wird und nicht aus Sicht der Natur. Arbeit als besondere Form des Umgehens mit der Natur muss daher von Kindern mit Blick auf die hier dargestellte Problematik erfahren und reflektiert werden, um nach Alternativen eines auf Nachhaltigkeit ausgerichteten produktiven Umgangs mit der Natur suchen zu können.

Deutlich sollte geworden sein, dass es beim „Umgehen mit der Natur“ um einen anspruchsvollen Unterricht geht, in dem die Entwicklung und Ausbildung naturwissenschaftlichen Lernens einen festen Platz hat, nicht aber darauf zu reduzieren ist. Aus dem naturwissenschaftlichen Lernen können ökologisch wertvolle Erkenntnisse erwachsen. Ein auf Nachhaltigkeit gerichtetes, ökologisch begründetes Umgehen mit der Natur ist fest an naturwissenschaftliches Wissen und Können und somit an naturwissenschaftliches Lernen gebunden.

#### 5 Naturwissenschaftliches Lernen im Sachunterricht

Naturwissenschaftliches Lernen hat mehrere Bezugspunkte, die es als besonderes Lernen auszeichnen. Zunächst handelt es sich um das Lernen in einem besonderen Gegenstandsbereich – der Naturwissenschaft. Gemeinhin geht man davon aus, dass mit den Griechen das naturwissenschaftliche Denken beginnt (hier bezogen auf Naturgeschehen – physis = griechisch Natur: Physik = Wissenschaft von der Natur). Es entstanden die ersten Theorien über die Natur und ihren inneren Zusammenhang. Charakteristisch für naturwissenschaftliches Denken ist das reflexive, methodisch kontrollierte Suchen nach Aussagen und Aussagensystemen, die das Vorhersagen von Naturvorgängen gestatten. Hierbei lassen sich zwei Ebenen unterscheiden – die Phänomenebene und die Theorieebene. Mit Hilfe von Aussagen auf der Theorieebene sollen Naturerscheinungen bzw. Naturvorgänge auf der Phänomenebene vorhergesagt werden. Naturphänomene begründen dann eine sie erklärende Theorie.

Naturgesetze sind objektive, allgemeine, notwendige und wesentliche Zusammenhänge zwischen Dingen, Sachverhalten, Prozessen... in der Natur, die sich unter gleichen Bedingungen wiederholen. Eine besondere Rolle im theoretischen Wissenschaftssystem der Naturwissenschaften (nomologisches Wissen) spielen kausale Zusammenhänge, die in kausalen Naturgesetzen formuliert werden. Naturwissenschaftliches Erkennen ist häufig an messendes Erfassen und mathematisches Beschreiben bzw. Modellieren von Naturvorgängen gebunden.

Damit wird ein zweiter Bezugspunkt deutlich. Naturwissenschaftliches Lernen ist ohne spezifische Lernhandlungen nicht denkbar, genau wie Naturwissenschaften bzw. naturwissenschaftliche Erkenntnis ohne die sie erzeugenden wissenschaftlichen Methoden nicht denkbar sind. Von besonderer Bedeutung ist hier ein empirisch-analytisches Vorgehen, das auf objektive Erkenntnis gerichtete – d.h. möglichst vom erkennenden Subjekt unabhängige (valide – gültige, reliable – zuverlässige) – Erfassen der Naturphänomene.

Wichtige naturwissenschaftliche Methoden und Lernhandlungen mit hoher Bedeutung für das naturwissenschaftliche Lernen sind:

- das Betrachten (= systematisches Wahrnehmen und Fixieren von Naturscheinungen – Phänomenen)
- das Beobachten (= systematisches Wahrnehmen und Fixieren von Naturvorgängen)
- das Messen (= Vergleich eines beobachteten Merkmals mit einer Norm – Größe = Maßzahl und Einheit)
- das Beschreiben (= möglichst objektives – z.B. mit Hilfe von Messergebnissen – Darstellen von Beobachtungsergebnissen)
- das Experimentieren = Methode zur Prüfung von Hypothesen (Verifikation, Falsifikation).
- Die komplexeste, anspruchsvollste aber auch lernintensivste Lernhandlung ist das Lösen naturwissenschaftlicher Probleme, die als „Frage an die Natur“ aufgefasst werden können.

Hinzu kommen noch eine Reihe weiterer Lernhandlungen (Methoden), die grundlegende geistige Handlungen darstellen: Sammeln, Vergleichen, Ordnen, Klassifizieren u.a. (vgl. auch v. Reeken 2003). Diese sind in vielen Fällen Bestandteile der naturwissenschaftlichen Lernhandlungen und müssen, wie diese selbst, auch mehr oder weniger systematisch angeeignet bzw. im Unterricht ausgebildet und bewusst und reflektiert von den Kindern vollzogen werden können.

Über Betrachtungen, Beobachtungen, Beschreibungen können bestenfalls temporale, lokale, korrelative u.a. Zusammenhänge (die zeitliche Abfolge, das gleichzeitige oder gemeinsame Auftreten von Phänomenen am selben Ort usw.) festgestellt werden, aus denen man nicht sicher Vorhersagen treffen bzw. auf das Vorliegen kausaler Zusammenhänge schließen kann. Daher hat die Naturwissenschaft eine spezifische Methode, die experimentelle Methode entwickelt, die das Kernstück naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden darstellt. Es handelt sich hierbei um eine Methode zur Prüfung von Hypothesen (Verifikation, Falsifikation) und mithin von naturwissenschaftlicher Theorie. Planmäßig werden Bedingungen von Naturvorgängen variiert: Eine oder mehrere unabhängige Variablen werden manipuliert und die Veränderungen der abhängigen Variablen beobachtet. Da diese durch die Manipulation der

unabhängigen Variablen bedingt sind, können kausale Zusammenhänge zwischen den Manipulationen und den Veränderungen festgestellt werden. Klar ist, dass dies umso leichter möglich wird, je weniger unabhängige Variablen vorhanden sind. Dadurch dass Naturvorgänge nie ohne Einfluss anderer, ständig ablaufender Naturvorgänge bleiben, müssen Fehlerquellen systematisch beachtet und möglichst ausgeschlossen bzw. kontrolliert werden. Klar sollte geworden sein, dass es sich um eine höchst anspruchsvolle Methode handelt, welche für Kinder schwer zugänglich ist (Giest 2004, Hartinger 2003).

Das führt uns zu einem dritten Bezugspunkt naturwissenschaftlichen Lernens. Im alltäglichen Leben ordnen wir die Dinge im Kontext des Lebens. Dabei weisen wir allen uns begegnenden Phänomenen eine „Lebens-“, oder „Alltagsbedeutung“ zu. Dadurch bedingt nehmen wir Naturvorgänge stets im Lichte einer lebensweltlichen Bedeutung wahr. Das trifft auch auf die Kinder zu. Das Gefühl, dass bei einer geöffneten Tür oder einem geöffneten Fenster die Kälte spürbar wird, veranlasst uns zur Aussage „Die Kälte kommt hinein!“. Die Realität ist, dass die Wärme nach außen abgegeben wird, Wärme und Kälte keine stofflichen Qualitäten haben, wie auch das Licht nicht, obwohl es so aussieht, wenn ein Lichtstrahl in einen dunklen Raum fällt und scheinbar durch die von ihm beleuchteten Staubpartikel sichtbar wird. Der Vorgel bewegt sich in den Augen der Kinder nicht in der Luft von einem Punkt A zu einem Punkt B, sondern er fliegt von A nach B. Ein Stein bewegt sich nicht von einer Höhe h1 zu einer Höhe h2, sondern er fällt herab oder herunter. Bei einer krautartigen Pflanze öffnen sich nicht die Blütenblätter und geben die Staubblätter und den Stempel frei, sondern sie blüht. Im Wasser steigen nicht Blasen aus Wasserdampf auf, sondern es kocht. Bei vielen Aussagen wird oft der Naturvorgang im Lichte des Alltagswissens gedeutet. Für naturwissenschaftliches Lernen kommt es darauf an, bei Naturvorgängen zunächst nur die Phänomene gedanklich zu erfassen und darzustellen. Das gilt auch für Naturvorgänge im Zusammenhang mit Lebewesen, bei denen es, vor allem im Falle der Tiere, noch schwerer fällt, ihrem beobachtbaren Verhalten nicht menschliche Intentionen zu unterstellen.

Naturwissenschaftliches Lernen erscheint auf den ersten Blick manchmal abstrakt und lebensfern, weil man sich unvoreingenommen, d.h. zunächst losgelöst von subjektiven Beurteilungen und Sinnzuweisungen den Phänomenen stellen muss. Ist deshalb naturwissenschaftliches Lernen Kindern nicht zugänglich? Können Kinder die mit dem naturwissenschaftlichen Lernen verbundenen kognitiven Anforderungen überhaupt bewältigen?

## 6 Zur Entwicklungspsychologie naturwissenschaftlichen Lernens in der Grundschule

Je nach der zu Grunde liegenden Auffassung von der Entwicklung des Menschen unterscheiden sich auch die Aussagen zu den Lernmöglichkeiten von Kindern. Überholt sind inzwischen Auffassungen, nach denen unsere Denkentwicklung vor allem durch genetische Bedingungen (Reifung) oder alternativ dazu durch kulturell-soziale

Bedingungen (Sozialisation) verursacht wird. Zunehmend wird der Mensch als bio-psycho-soziale Einheit aufgefasst, wobei man davon ausgeht, dass biotische Bedingungen (Gene, Reifung), psychische und soziale Bedingungen wechselwirken (Reyer 2006).

Jean Piaget hat noch die Besonderheiten des kindlichen Denkens vor allem auf seine inneren Voraussetzungen zurückgeführt. Er nahm an, dass reifungsabhängige strukturelle Besonderheiten gedanklichen Operierens eine bestimmte, alterskorrelierte Phasenfolge der kognitiven Entwicklung und der davon abhängigen Lernmöglichkeiten von Kindern bestimmen. Danach wäre naturwissenschaftliches Denken in der Grundschule nicht möglich, sondern erst nach Erreichen der Phase der formalen Operation im frühen Jugendalter.

Insgesamt ist der aktuelle Forschungsstand durch unterschiedliche Ansätze zu kennzeichnen. Überblicksmäßig sollen die Hauptansätze gekennzeichnet werden, bevor versucht wird, den Erkenntnisstand zusammenzufassen und Folgerungen für den Unterricht abzuleiten.

- Mit Blick auf die im Vergleich zu Erwachsenen unterschiedliche und insgesamt geringere verfügbare Kapazität der internen Verarbeitung und metakognitiven Kontrolle wird einerseits vermutet, dass bei Kindern Gedächtnis- und Konzentrationsdefizite (angeborene) Module bereichsspezifischer Informationsverarbeitung behindern (Fodor 1983, kritisch dazu Wellman et al. 2001). Diese Annahme würde erklären, warum Kinder ihr Wissen nicht genug kontrollieren und aufmerksamkeitsbedingt häufig die Perspektiven wechseln. Für den Unterricht wäre hier zu fordern, verstärkt metakognitive Kompetenz auszubilden.
- Berücksichtigt man vor allem die Bedeutung des Vorwissens, so kann vermutet werden, dass bei Kindern, die mehr oder weniger als universelle Novizen anzusehen sind, fehlende Wissensstücke Denkfehler und „miskonceptions“ bewirken. Für den Unterricht würde dies bedeuten, Expertisegewinn durch schrittweisen Wissenszuwachs anzustreben (Wellman & Gelman 1998). Geringe Expertise kann aber auch in einer fehlenden Konsistenz des Wissens (Nobes et al. 2003) zum Ausdruck kommen, so dass es schwer fällt, zusammenhängende interne Modelle und Theorien aufzubauen. Dies würde für den Unterricht bedeuten, vor allem der Ausbildung von „Wissensinseln“ durch besondere Beachtung des Herstellens von Zusammenhängen und den Aufbau interner Modelle und Theoriekonstruktion entgegen zu wirken.

- Ein weiterer Ansatz geht im Gegensatz dazu davon aus, bei Kindern schon sehr früh zusammenhängendes Wissen in Form intuitiver Theorien vorzusetzen („theory theory“). Diese intuitiven Theorien werden maßgeblich durch epistemologische Überzeugungen (z.B. naiver Realismus) und durch Theorierahmen stiftende Ontologien (Wal als Fisch, Wärme als Stoff usw.) gestiftet. Erforderlich wird ein Paradigmenwechsel im Denken, von dem sowohl die epistemologischen Überzeugungen, als auch die Ontologien betroffen sein müssen.

- Im Rahmen dieses Ansatzes gibt es zum einen die Vorstellung von Übergangs- oder synthetischen Modellen, bei denen das Kind versucht, wissenschaftliche und Alltagsvorstellung in Einklang zu bringen, wobei die zu Grunde gelegten und noch nicht veränderten intuitiven ontologischen und epistemologischen

Annahmen Grenzen setzen (Vosniadou 1994, 1999 – kritisch Nobes et al. 2003).

- Ein weiterer Ansatz geht davon aus, dass das Wissen vor allem nicht adäquat kontextualisiert, d.h. fern vom Verwendungszusammenhang und daher ohne die adäquate Bedeutung angeeignet worden ist (fehlender adäquater Kontext – Caravita & Halldén 1994, Halldén 1999, Billet 1996, Säljö 1999). In diesen Grundansatz ist auch die Vorstellung vom Werkzeugcharakter des Wissens (Wygotski 1964, 2002) einzuordnen, der gerade bei Problemen bei der Begriffsbildung (Bedeutungserkennung) und beim Bewältigen von Denkanforderungen in unbekannten Kontexten fehlt. Im Rahmen der kultur-historischen Theorie wird die Tätigkeit (als sinnstiftende Einheit von internen und externen Handlungsbedingungen – v. Oers 1998) als Kontext betrachtet und es werden in diesen nicht nur die äußeren Momente, die menschliche Aktivität bestimmen, einbezogen (Giest & Lompscher 2006). Kontext entsteht mit Blick auf die Begriffsbildung und das Denken erst in dem Moment, in dem der Mensch sich aktiv mit der Umwelt auseinander setzt. Er wird durch die Wechselwirkung des inneren und äußeren Milieus determiniert. Dies kann von einiger Bedeutung für Unterricht sein, da aus einer solchen Perspektive die Lernumgebung (äußerer Kontext) mit dem inneren Kontext (Entwicklungsbesonderheiten des Denkens, Handelns, Fühlens, Wollens...) korrespondieren muss (Passung). Wenn Wissen nicht in einer adäquaten Tätigkeit, zu der es benötigt wird, angeeignet und gebraucht wird, kommt es zu trägem Wissen (Collins, Brown & Newman 1989, Renkl 1994, 2001), das nicht oder nur mühsam angewandt werden kann. Entwicklungsförderung im Unterricht verlangt ein pädagogisches Einfädeln in die kindliche Entwicklung in einer solchen Weise, bei der einer domänenspezifischen Entwicklungslogik folgend die jeweilige Zone der nächsten Entwicklung getroffen werden muss.

Obwohl es Versuche gab und gibt, unterrichtspraktische Anforderungen aus den verschiedenen Theorieansätzen abzuleiten und empirisch zu prüfen, fehlt es nach wie vor an Untersuchungen im Kontext Unterricht und mithin an Antworten auf eine Reihe offener Fragen (Schnotz, Vosniadou & Carretero 1999, Hasselhorn & Mähler 1998, Schnotz 2001). Als solche sind zu benennen:

- Wie kann man pädagogisch diese Prozesse der Um- bzw. Neustrukturierung des vorhandenen domänenspezifischen Wissens beeinflussen (Effekte der Anleitung – Mähler 1999, Sodian 2002)?
- In welchem Verhältnis stehen spontanes und angeleitetes Lernen hierbei (Carey & Spelke 1994)? Diese aus der Perspektive der Entwicklungspsychologie gestellte Frage kann ungeachtet durch Forschungen zum Problembereich der Unterrichtsqualität (Einsiedler 1997), adaptivem Unterricht (Weinert 1996, vgl. auch Weinert & Schrader 1997) gegebener prinzipieller Antworten unter einer grundschulpädagogischen Perspektive um jene nach wie vor aktuelle und kontrovers diskutierte Frage nach den Möglichkeiten nichtdidaktisierten Lernens (offener Unterricht – Peschel 2002, vgl. auch Brügelmann 1998) erweitert werden.
- Wie kann man die Effekte erklären, d.h. aus ihren Bedingungen heraus erzeugen (Pintrich 1999)? Beispielsweise werden in der Literatur häufig Befunde mitgeteilt

(so klassifizieren Kinder erst ab einem Alter von etwa 10 Jahren an Pflanzen als Lebewesen), ohne dass die Ursachen (z.B. der im fünften Schuljahr einsetzende Biologieunterricht) geprüft werden.

- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen zwischen den Domänen (Siegler 1989, Sugarman 1989)? Bedingt durch die Tatsache, dass psychologische Untersuchungen zu einzelnen Domänen beim Forscher Expertise in diesen Domänen voraussetzen (bzw. dass transdisziplinäre Forschungszusammenhänge fehlen), gibt es kaum Untersuchungen an identischen Stichproben, die zwei oder mehrere unterschiedliche Domänen miteinander vergleichen.

Ungeachtet der unterschiedlichen Ansätze und offener Forschungsfragen sieht die aktuelle kognitive und Entwicklungspsychologie es als gesichert an, dass Unterschiede im Denken zwischen Kindern und Erwachsenen weniger reifungsbedingte Strukturverursacht (v. d. Meer 1996, Sodian 1998, Mähler 1999), sondern durch vier Faktoren bedingt sind:

- a) Wissen wird dann besonders effektiv gelernt, wenn es in sinnstiftenden, für den Lerner bedeutsamen Anwendungsbezug (Kontext) angeeignet wird. Oft ist dieser an praktisches Handeln gebunden, weil hier die persönliche Bedeutung unmittelbar erlebt werden kann. Wenn Wissen für den Lernenden im Handeln persönlich bedeutsam ist, bekommt es den Stempel „für mich wichtig“ und wird so als bedeutsam bewertet, besonders leicht abrufbar gespeichert. Unser mentales System arbeitet nach dem Grundsatz: Wenn Wissen für mich wichtig ist, dann muss es für mich auch leicht verfügbar sein, wenn nicht, kann ich es vergessen.

Folgerungen für den Unterricht: Der Alltag ist vor allem auf den praktischen Lebensvollzug gerichtet, Wissenschaft auf den Erkenntnisgewinn. Wissen spielt im Alltag nur implizit insofern eine Rolle, als es eine wichtige Voraussetzung zum Handeln darstellt. Es wird in der Regel im Alltagshandeln selbst erworben, eingebunden in das praktische Tun, die Erfüllung von Alltagsanforderungen.

Wissenschaft ist auf Erkenntnis orientiert und gewinnt das in ihr vorkommende, explizite Wissen vor allem methodisch kontrolliert, überprüfbar und insofern bewusst reflektiert.

Naturwissenschaftliche Kenntnisse können daher nur im Rahmen entsprechenden naturwissenschaftlich kontextuierten Lernens erworben werden. Der Anwendungsbezug des Wissens ist dabei zunächst auf den Kontext Naturwissenschaft gerichtet. Insofern unser moderner Alltag vielfach (z.B. die darin genutzte Technik) auf der Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens beruht, gibt es Überschneidungen zwischen beiden Wissensbereichen, die beim technischen Experimentieren, in der Ökologie und beim Naturschutz eine besondere Anwendung finden. Aber auch die Verfremdung des Alltags vermag einen naturwissenschaftlichen Kontext entstehen lassen, in dem naturwissenschaftliches Wissen erworben wird, welches dann genutzt werden kann, um die naturwissenschaftlich nicht haltbaren Alltagsvorstellungen verändern zu können.

- b) Kinder sind universelle Novizen und verfügen auf nahezu allen Gebieten über geringere Vorerfahrungen und geringeres Vorwissen als Erwachsene. Dem Vorwissen der Lernenden kommt aber mit Blick auf das Lernen eine Schlüsselstellung zu, weil dieses die entsprechenden Konstruktionsleistungen maßgeblich beein-

flusst. Wo das entsprechende Wissensfundament fehlt, kann kein Wissensgebäude errichtet werden. Kinder verfügen zwar über Vorwissen, dieses stammt jedoch oft aus dem Alltag, der den Sinn dieses Wissens stiftet. Alltagswissen unterscheidet sich in Aufbau, Struktur und Verwendung grundlegend vom wissenschaftlichen Wissen. Da das Kind in der Grundschule in der Regel noch nicht über diese Wissensstrukturen verfügt, wird gehörtes, gelesenes, im Unterricht erfahrenes wissenschaftliches Wissen in die Strukturen des Alltagswissens eingebaut (assimiliert). Dies führt dann zu den von Piaget so anschaulich beschriebenen kindlichen Fehlleistungen (Fehlkonzepte – „misconceptions“, Fehlverständnis – „misunderstanding“, Wortwissen – Verbalismus). Um ein richtiges Verständnis wissenschaftlichen Wissens zu erreichen, müssen vorhandene Wissensstrukturen sowie das diese erzeugende Denken (kognitives Operieren) verändert, neu aufgebaut bzw. umgebaut werden. Dieser Prozess wird gemeinhin als begrifflicher Wandel („conceptual change“) bezeichnet. „Conceptual change“ charakterisiert die Re- bzw. Umstrukturierung früheren Wissens bzw. den Neuaufbau von Wissen, welche maßgeblich durch Unterricht und Schule beeinflusst werden müssen und nicht spontan entstehen (heranreifen) (Sodian 2002, Schnotz 2001, Vamvakoussi & Vosniadou 2004).

Folgerungen für den Unterricht: Die Bedeutung des Vorwissens für den Erfolg naturwissenschaftlichen Lernens wurde vor allem durch Vergleich von Experten und Novizen in bestimmten Wissensgebieten („Domänen“) immer wieder bestätigt. Dabei konnte auch gezeigt werden, dass Kinder, wenn sie auf bestimmten Gebieten Expertise erlangt haben und über ein hohes Vorwissen verfügen, die Leistungen der Erwachsenen durchaus übertreffen können (Dinosaurierexperten, Schachexperten u.a.).

Da Kinder den Sinn des Lernens nur auf der Grundlage ihrer Vorerfahrungen, ihre gedankliche Konstruktion nur auf der Basis ihrer Vorkenntnisse vollziehen können, müssen diese besonders im Unterricht konkret berücksichtigt werden. Dabei muss man genau wissen (diagnostizieren), worin die Besonderheit der Entwicklung der Vorkenntnisse besteht. Daraus erwachsen für das naturwissenschaftliche Lernen im Unterricht einige Probleme. Kinder verfügen in der Regel kaum über Vorkenntnisse aus den Naturwissenschaften. Daher haben sie nicht nur wegen der fehlenden Sinnhaftigkeit (ungewohnter Kontext, Verwertungszusammenhang des Wissens), sondern auch wegen fehlender Erfahrungen und Vorkenntnisse Schwierigkeiten, entsprechende naturwissenschaftliche Wissenssysteme in ihrem Kopf zu konstruieren, aufzubauen. Naturwissenschaftliche Wissenssysteme werden dann mit Alltagswissen vermischt. Charakteristisch sind Vorstellungen, bei denen Alltag und Wissenschaft eine Symbiose eingehen. (Z.B. unterscheidet Vosniadou [1994, 1999] verschiedene Stufen der Annäherung an wissenschaftliche Vorstellungen.) Ausgehend von einem Initialmodell, bei dem Kinder die unmittelbare Anschauung direkt in Erklärungen überführen (Tag und Nacht entstehen durch das Erscheinen oder Verschwinden der Sonne hinter den Bergen oder im Meer, die Sonne dreht sich um die Erde, diese ist eine Scheibe u.a.) werden zunehmend wissenschaftliche Vorstellungen so assimiliert, dass sie mit den unmittelbaren Beobachtungen noch in Übereinkunft gebracht werden können (die

Sonne und der Mond bewegen sich im Raum an der Erde vorbei, die Erde wird als abgeflachte Kugel gedeutet) bis schließlich das adäquate wissenschaftliche Modell verstanden wird. Besonders in der für Grundschulkinde typischen zweiten Stufe verwickeln sich Kinder bei ihren Erklärungen in Widersprüche und argumentieren dann, in die Enge getrieben, mitunter mit einer Autorität („Mein Vater hat es aber so gesagt und der weiß das!“).

c) Kinder verfügen über eine geringere Kapazität der internen Verarbeitung (z.B. können sie nicht soviel gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis behalten wie Erwachsene).

Folgerungen für den Unterricht: Naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinn als auch naturwissenschaftliches Lernen sind für Kinder anspruchsvoll, da sie durch die Bewusstseinspflichtigkeit einen hohen kognitiven Aufwand (kognitive Kapazität und Metakognition) verlangen. Durch Einbeziehung möglichst vieler Handlungssituationen (Beobachten, Versuchen, technisches Konstruieren bzw. Basteln u.a.) lässt sich ein Ausgleich zur gedanklichen Anstrengung schaffen, der nicht nur Entspannung bietet, sondern zugleich unumgänglich ist, um die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse zu erarbeiten.

d) Kinder haben eine geringere metakognitive Kontroll- und Verarbeitungsaktivität (Schrempf & Sodian 1999, Mähler 1999, Hasselhorn & Mähler 1998). Das Denken über das Denken gelingt nicht – erkennbar an der Schwierigkeit von Kindern, laut zu denken oder zu erklären, wie sie auf eine bestimmte Lösung gekommen sind. Sie beschreiben dann in der Regel nicht ihre Gedanken, sondern das, was sie praktisch gemacht haben, also ihr Handeln und nicht die Begründung, die gedankliche Vorarbeit für dieses Handeln.

Folgerungen für den Unterricht: Von besonderer Bedeutung ist die Förderung der Metakognition. Um die kognitive Kontroll- und Verarbeitungskapazität der Kinder nicht zu überfordern, sollten vielfältige sinnliche Stützen (z.B. Gegenstände und Handlungsmodelle) eingesetzt werden. Diese gestatten es, durch die visuelle Präsentation von notwendig zu gehenden gedanklichen Schritten oder eines Handlungsplanes, der komplexe Lernhandlungen in ihre Teile zerlegt, die Lernanforderungen mit Blick auf die erforderliche kognitive Kapazität zu reduzieren ohne die anspruchsvollen Handlungsziele selbst aufzugeben. Gleichzeitig lässt sich anhand eines Handlungsmodells das eigene Handeln schrittweise kontrollieren und der Handlungsvollzug leichter bewerten.

Die wichtigste Botschaft der Entwicklungspsychologie lautet: Unterricht ist ein wichtiger Entwicklungsfaktor, wenn das Lernen des Kindes in seinem Zentrum steht, wenn Lehren sich auf dieses Lernen bezieht und Instruktion (Lehren) und Konstruktion (Lernen) eine Einheit bilden. Dieser Sachverhalt ist nicht ganz neu (Lompscher 1988), dennoch wurde in jüngster Zeit (auf dem Hintergrund der oben beschriebenen Erkenntnisse und der Konstruktivismusdebatte) zuerst in den USA und nun auch in Deutschland (Stern 2002, Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier & Günther 2003, Möller, Jöns, Hardy & Stern 2003 u.a.) in Unterrichtsversuchen erneut nachgewiesen, dass Kinder im Grundschulalter zu einem adäquaten Wissenschaftsverständnis und dem entsprechenden Denken und naturwissenschaftlichen Lernen befähigt werden können.

## 7 Können Kinder wie Forscher lernen?

Aus Sicht der entwicklungspsychologischen Befunde (Sodian 2002) ist dies jedenfalls nicht mit dem Argument fehlender kognitiver Fähigkeiten abzulehnen. Das scheint vielen pädagogischen Erfahrungen zu widersprechen, jedoch nur auf den ersten Blick. An kognitiven Leistungen sind nicht nur die kognitiven Fähigkeiten beteiligt, sondern auch das Vorwissen und die kognitive Kapazität. Da Kindern vor allem die domänenspezifische Expertise fehlt, können sie nur sehr eingeschränkt naturwissenschaftlich forschen, da naturwissenschaftliche Forschung auf dem naturwissenschaftlichen Wissen basiert, welches sich die Kinder ja erst aneignen müssen und sollen. Naturwissenschaftliche Forschung erfolgt ferner methodisch kontrolliert, wozu ein hohes Maß an kognitiver Kapazität erforderlich ist. Kinder verfügen in der Regel noch nicht über dieses Maß an kognitiver Kapazität und Kontrolle. Diese hohe kognitive Kapazität ist erforderlich, weil die genetische Ausstattung des Menschen keine entsprechenden Programme „natürlichen Lernens“ zur Verfügung stellt (vgl. insgesamt zu dieser Problemstellung Scheunpflug & Wulf 2006).

Kinder können sich aber auch aus einem anderen Grund heraus nicht alles erforderliche Wissen forschend bzw. entdeckend aneignen. Kinder hätten ein Zeitproblem, da sie als Forscher den gesamten Weg der menschlichen Erkenntnis zu durchschreiten hätten – evtl. einschließlich der Irrtümer. Daher sollte forschendes naturwissenschaftliches Lernen auf Schwerpunkte konzentriert werden, die für den Erkenntnisprozess Schlüsselerlebnisse darstellen. Hierfür bietet sich das Aufgreifen in der Wissenschaftsgeschichte vorzufindender wesentlicher Modelle und vor allem Paradigmenwechsel an (z.B. vom prolemäischen zum kopernikanischen Weltbild), um Kindern über eigenes forschendes Lernen diese historisch bedeutsamen Erkenntnisse selbst gewinnen zu lassen.

Ein weiteres kindliches Forschen begrenzendes Moment hängt mit der Anwendung der naturwissenschaftlichen Erkenntnismethode des Experiments zusammen. Dies soll zunächst anhand einer in der Literatur gern zitierten Untersuchung gezeigt werden. Man bat Kinder im Grundschulalter herauszufinden, warum ein Rennwagen (Spielzeugauto) schneller fährt als ein anderer (Schauble & Glaser 1990 – hier im Rahmen eines Computerspiels untersucht, vgl. auch Sodian 2002). Die Kinder jedoch bildeten für sich daraus die Aufgabe: Baue das schnellste Auto.

Worin besteht der Unterschied beider Situationen? Im ersten Fall wird systematisch zu testen sein, im zweiten wird ganzheitlich, eher eingebettet in einen Spielkontext gestaltet. Die Auffassung von Kindern zum Experiment kleiden Carey et al. (1989) in die Worte: „An experiment is when you try it and see if it works!“

Der subjektive Sinn der Handlungssituation wird durch den Alltag (durch die primäre Erfahrung würde Dewey sagen) bestimmt. Bei Kindern ist der Lebensalltag vor allem durch das Spiel determiniert, daher werden viele Situationen als Spielsituation gedeutet. Im Lichte der Spielsituation bzw. des Alltages ist der Kontext das Autorennen, der Wettbewerb, das Gewinnen der Triphäe durch den schnellsten Wagen. Es geht dann eben nicht darum, herauszufinden, d.h. zu erkennen, welche physikali-

schen Bedingungen (Reibung – bzw. Antriebskraft, Größe und Form der Reifen bzw. des Autos selbst usw.) dazu führen, einen Wagen möglichst schnell rollen zu lassen. Dies setzt nämlich die Kenntnis der Theorie der Reibung voraus, über die Kinder in der Regel nicht verfügen. Aus diesem Grund – und auch dies ist immer wieder zu beobachten – probieren Kinder unsystematisch, um herauszufinden, welcher Wagen schneller ist und nicht, warum er schneller ist. Das Ziel ihres Tuns ist ein praktisches, nicht ein naturwissenschaftliches. Dass die Ursache für die eben beschriebenen Schwierigkeiten nicht prinzipieller Natur sind (z.B. weil die kognitiven Möglichkeiten der Kinder überschritten werden) zeigen die oben erwähnten Studien (vgl. auch Sodian et al. 2003).

Im Experiment wird ein Naturvorgang bewusst erzeugt, der Wissenschaftler greift aktiv, aber höchst kontrolliert, in einen Prozess (Naturvorgang) ein, erzeugt diesen. Während Betrachtung, Beobachtung, Beschreibung vor allem zur Gewinnung von Hypothesen dienen, hat das Experiment die Aufgabe, Hypothesen zu testen. Da andererseits Hypothesen theoriebasierte und -geleitete Vermutungen sind, sie basieren auf einer bereits bestehenden und mehr oder weniger elaborierten Theorie, bezieht sich das Experiment auf die Prüfung von Theorie. Das ist seine Erkenntnisfunktion und daraus leiten sich seine methodologische bzw. auch methodische Bedeutung innerhalb der Naturwissenschaften und der Technik ab.

Ein Versuch stellt dazu im Vergleich weniger anspruchsvolle Anforderungen: Im Versuch geht es vor allem um das Überprüfen von Vermutungen, die noch nicht die Anforderungen, welche an Hypothesen zu stellen sind (stringenter expliziter Theoriebezug), erfüllen.

Wenn im Unterricht ein Experiment durchgeführt werden soll, so ist zu fordern, dass zuvor eine mit Theorie untermauerte Hypothese aufgestellt worden ist.

Dies ist im schulischen Unterricht in den weitaus seltensten Fällen realisierbar, da die Schüler unter Nutzung der experimentellen Methode sich die Theorie einschließlich der Methode selbst ja erst aneignen sollen. Daher finden wir im Unterricht häufig Versuche, bei denen weniger strenge Anforderungen an die Begründung der zu überprüfenden Vermutung zu stellen sind. Dies gilt natürlich erst recht für den Grundschulunterricht.

Ein Experiment (Versuch) ist in jedem Falle gekennzeichnet durch

1. die zielgerichtete, theoretisch begründete und damit planvolle Variation von (in der Regel wesentlichen, determinierenden) Bedingungen, unter denen ein Naturvorgang abläuft
2. das sorgfältige Beobachten, Messen der durch die Bedingungsvariation erzeugten Wirkungen sowie damit im Zusammenhang stehend
3. das notwendige Aufstellen von Vermutungen (Versuch) bzw. Hypothesen (Experiment), welche auf der Basis von Erfahrung und Überlegung (Versuch) bzw. auf der Grundlage von Theorie (Experiment) zu erklären versuchen, welche Wirkungen erwartet (prädiziert) werden können. Diese Überlegungen sind auch notwendig, um die Wirkungen systematisch registrieren (beobachten, messen...) zu können. Ohne eine begründete Vermutung, ohne eine entsprechende Erwartung bezüglich der Wirkung ist es schwierig, diese zu erfassen.

Das Experiment ist eine der wichtigsten naturwissenschaftlichen Methoden, ein Erkenntnis Handeln von besonderer Komplexität. Es ist auf die Verifikation bzw. Falsifikation von Hypothesen / Theorien gerichtet. Dies geschieht, indem theoriegeführt, planvoll und genau kontrolliert Bedingungen von Naturvorgängen variiert und die dadurch erzeugten Wirkungen registriert werden. Das Experiment beruht auf theoretischen Vorüberlegungen und kann daher nur auf dem Fundament mehr oder weniger solider naturwissenschaftlicher bzw. technischer Vorkenntnisse realisiert werden. Experimente stehen deshalb nicht am Beginn, sondern gewissermaßen am Ende eines wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Daher ist das Experiment (in einem solchen theoretischen Verständnis) nur bedingt im Rahmen schulischen Lernens und kaum in der Grundschule als Erkenntnis methode und Lernhandlung einsetzbar. Das aber bedeutet nicht, dass das Experimentieren im schulischen Unterricht keine Rolle spielt. Hier geht es, auch im Sinne der Grundlegung von Bildung, dann darum, den Kindern einen gangbaren Weg zu ebnen, der sie entwicklungsfördernd zum naturwissenschaftlichen Experiment und damit zur Naturwissenschaft führt. Dieser leitet sie vom Staunen und erkundenden Untersuchen von Naturphänomenen über den Versuch zum Experiment.

Der Versuch ist eine Brücke vom kindlichen zum wissenschaftlichen Denken und Handeln, er verbindet kindliches Explorieren mit dem Experiment. Sein Hauptmerkmal besteht darin, dass mit Erfahrung und vorfachlichem Wissen begründete Vermutungen experimentell geprüft und so neue Erkenntnisse gewonnen werden. Der Versuch weist den Weg vom praktischen Handeln, bei dem der Effekt Handlungsziel ist, zum geistigen Handeln, bei dem die Erkenntnis Handlungsziel ist. Insofern kommt ihm auch mit Blick auf die allgemeine Lernentwicklung eine besondere Bedeutung zu. Kinder sollten im Unterricht daher vielfältige Anregungen bekommen und Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Versuchen sammeln können. Dies ist unerlässlich, um den Weg zum wissenschaftlichen Denken und damit zum tiefen Verstehen des Experiments als wissenschaftlicher Methode und letztlich auch zum tiefen Verständnis der Naturwissenschaften selbst zu bahnen. Wie können wir im Unterricht den Kindern dabei helfen?

## 8 Naturwissenschaftliches Lernen fördern

### 8.1 An Vorwissen bewusst anknüpfen

Weiter oben ist die besondere Bedeutung des Vorwissens für das Zustandekommen kognitiver Leistungen begründet und betont worden. Aber es sind nicht nur die kognitiven Leistungsdispositionen, die für naturwissenschaftliches Lernen relevant sind. Betrachtet man Vorwissen als Ergebnis sinnbezogener interner Konstruktionsprozesse, so eröffnet das Anknüpfen an Vorwissen, an vorhandenen Erfahrungen einen Weg zur kindlichen Sinnkonstruktion. Die Zone der nächsten Entwicklung des kindlichen Denkens und Lernens hängt weniger von den kognitiven Fähigkeiten sondern von den Möglichkeiten einer adäquaten Sinnkonstruktion ab, bei der die Differenz zwischen der objektiven Bedeutung zu erlernender naturwissenschaftlicher Sachverhal-

te und Zusammenhänge und dem subjektiven Sinn möglichst gering ist. Um das zu gewährleisten, muss die Lernsituation so gestaltet werden, dass möglichst der Alltagskontext, d.h. das Alltagshandeln verlassen und Erkenntnishandeln angestrebt wird. Das führt uns zum nächsten Punkt.

### 8.2 Neugier wach halten, zum Fragen animieren

Da es zunächst darauf ankommt, dass Kinder die objektive Bedeutung naturwissenschaftlichen Lernens und Forschens adäquat subjektiv konstruieren, d.h. verstehen bzw. erkennen, sollte in der vorschulischen und schulischen Bildung in den ersten Klassen die Neugier der Kinder mit Blick auf das Explorieren naturwissenschaftlicher und technischer Sachverhalte erhalten bzw. weiter geweckt werden. Dazu ist es erforderlich, dass die Kinder eine Vielzahl naturwissenschaftlicher und technischer Phänomene kennen und als solche wahrnehmen lernen. Vor allem solche Phänomene sind von Bedeutung, die zum Staunen, Fragen und Nachdenken anregen (z.B. überraschende und paradoxe Phänomene, die kognitive Konflikte provozieren – vgl. Soostmeyer 2002). Dadurch wird das Alltagswissen destabilisiert und die Neugier genutzt, um den vertrauten Kontext zu verlassen.

### 8.3 Exemplarisches Lernen

Martin Wagenschein (1995) hat sich besonders um ein Lernen verdient gemacht, das solche Naturphänomene zum Ausgangspunkt des naturwissenschaftlichen Lernens macht, die eine große Erschließungskraft haben. In gewisser Weise hat er die Idee Diesterwegs aufgegriffen, der einen pädagogischen Homöopathen suchte (Motto: kleine pädagogische Einwirkung, großer Lerneffekt).

Worum geht es beim exemplarischen Lernen? Dies wird besonders deutlich, macht man sich den Unterschied zwischen einem Exempel und einem Beispiel deutlich. Ein Beispiel illustriert einen Sachverhalt, ohne dass eine zusätzliche Erkenntnisfunktion damit verbunden ist. Der Storch ist ein Beispiel für einen Zugvogel, d.h. ein konkreter Vertreter einer Begriffsklasse. Kennt man die Begriffsklasse selbst nicht, bleibt nichts weiter übrig, als das Faktum „Storch = Zugvogel“ auswendig zu lernen oder zu vergessen. Wird der Storch, ein besonders interessanter, attraktiver und prototypischer Zugvogel, jedoch als Exempel behandelt, dann geht es darum, sich an diesem konkreten Vertreter die hier besonders leicht erkennbaren Merkmale der Begriffsklasse zu erarbeiten. Damit liefert die lernende Auseinandersetzung mit dem Storch jene Zugänge zum Konzept Zugvogel, welche den Kindern gestatten, auf dieser Grundlage selbst dieses Konzept ausdifferenzieren, d.h. nun selbstständig sich weitere konkrete Zugvögel und die Besonderheiten ihrer Lebensweise auf dem Hintergrund der allgemeinen Merkmale zu erschließen. Der Unterschied beider Vorgehensweisen liegt klar auf der Hand: Einerseits stehen Beispiele nebeneinander und illustrieren einen allgemeinen Sachverhalt, währenddessen mit dem exemplarischen Vorgehen ausgehend von der Analyse eines konkreten Vertreters, bei dem die allgemeinen Merkmale besonders gut zu erkennen sind, eine zunächst abstrakte aber das Wesen der Sache erfassende Wissensstruktur aufgebaut wird, die dann beim weiteren Lernen weiter ausdifferenziert und konkretisiert werden kann.

### 8.4 Kenntnisse strukturiert aneignen

Dass strukturiertes Vorgehen auch beim Memorieren von mehr oder weniger formalem Wissen nützlich ist, soll am folgenden Beispiel gezeigt werden. Im Rahmen einer Untersuchung baten wir Kinder, die ihnen bekannten Baumarten zu benennen, um einen Einblick in den memorierbaren Kenntnisumfang (Artenkenntnisse) zu bekommen (Giest 2002). Das Ergebnis war unbefriedigend. Im Durchschnitt wurden ca. 7 Baumarten (Maximum 20; Minimum 0) reproduziert. Bezüglich der durchschnittlich reproduzierten Anzahl an Baumarten ergab sich ein Trend von Klasse 3 nach Klasse 6. Betrachtet man die geläufigen Obstbaumarten (Apfel, Kirsche, Pflaume, Birne), ferner die Laubbäume (Linde, Eiche, Rosskastanie, Birke) sowie die Nadelbäume (Kiefer, Fichte, Tanne und Lärche), so kommt man mühelos auf 12 Baumarten, die in der Lebenswelt der Kinder in Deutschland vorhanden sind. Auch dürfte wohl kein Zweifel darüber bestehen, dass die Kenntnis dieser Baumarten zur Allgemeinbildung gehört.

Die Hauptursache für diese relativ geringe Gedächtnisleistung sehen wir in einem wenig geordneten Gedächtnisbesitz. In einzelnen Stichproben zeigte sich nämlich, dass die Kinder, sobald ihnen die Strukturierungshilfe – Obstbäume, Laubbäume, Nadelbäume – gegeben wurde, besser mit der Aufgabe zurecht kamen. Diese Strukturierungshilfe wirkt als Orientierungsgrundlage zur Abspeicherung aber auch zum Abrufen des Gedächtnisbesitzes. Mit ihrer Hilfe kann bedeutungsvoll und konstruktiv das semantische Netz abgesucht werden, dadurch dass die Relationen zwischen den begrifflichen Knoten den Weg der Suche weisen. Ohne die Strukturierungshilfe muss unsystematisch nach den begrifflichen Knoten, quasi wie nach einer Nadel im Heuhaufen, gesucht werden.

Der traditionelle (Fach-) Unterricht endet oft damit, dass abstrakte Begriffe gewonnen werden. Die Schüler lernen beispielsweise, dass Lebewesen die Merkmale Stoffwechsel, Fortpflanzung, Entwicklung und Bewegung aufweisen. Sie wissen dann, dass Objekte, welche diese Merkmale aufweisen, Lebewesen sind. Eine gängige Schülerantwort auf die Frage „Warum sind Pflanzen, Tiere, Menschen bzw. Roggen, Kaninchen, du und ich Lebewesen?“ würde im Unterricht etwa so lauten: „... weil sie sich ernähren (Stoffwechsel), fortpflanzen, entwickeln und bewegen“. Die Ursache für diese Schülerantwort liegt in der Besonderheit der Verallgemeinerung begründet. Denn (empirische) Begriffe auf einer abstrakteren Ebene entstehen dadurch, dass Begriffe der jeweils konkreteren (unteren) Ebene nach ihren gemeinsamen Merkmalen zusammengefasst werden. Es ist verständlich, dass je größer die Anzahl der zusammenzufassenden Begriffe ist, umso geringer muss die Anzahl der gemeinsamen Merkmale werden.

Je abstrakter also ein Begriff ist, umso ärmer wird sein Inhalt, da die Dinge bezüglich stets weniger werdender Merkmale klassifiziert werden. Die lebendige konkrete Welt verschwindet im abstrakten Wissen.

Im Unterricht ist dies vor allem als Problem des „Verbalismus“ oder der Schwierigkeiten bei der „Anwendung von Begriffen“ bekannt. Beispielsweise können Schüler geometrische Figuren zeichnen und benennen, versagen aber, wenn sie diese in der Realität wiedererkennen sollen oder sie können formal rechnen, versagen jedoch bei

konkreten Recheninhalten aus der Lebenswelt usw. In diesen Fällen kann die Einheit zwischen Abstraktem und Konkretem nicht hergestellt werden.

Um dies zu verhindern, wird wieder ausgehend von der Analyse eines exemplarisch ausgewählten Lebewesens das Wesen seiner besonderen Beziehung zur Umwelt (= Leben mit den entsprechenden Merkmalen [Stoffwechsel, Entwicklung, Fortpflanzung, ggf. Bewegung, Reizbarkeit]) analysiert, um anschließend weitere konkrete Lebewesen orientiert an den Wesensmerkmalen (Ausgangsabstraktion oder advance organizer) untersuchen zu können. Dabei werden die (abstrakten) Merkmale mit Blick auf das konkret zu untersuchende Lebewesen konkretisiert. Am Ende des Lernprozesses steht hier nicht die dürftige Abstraktion (alle Lebewesen haben die genannten vier bzw. sechs Merkmale), sondern es kann dann gezeigt werden, wie diese Wesensmerkmale bei unterschiedlichen Lebewesen in Erscheinung treten, wodurch sich die Merkmale der Anpasstheit, Nahrungskreisläufe, ökologische Zusammenhänge usw. im Sinne weiterer Konkretisierungsreihen unter Hinzunahme weiterer Ausgangsabstraktionen erschließen lassen.

Auf dem Wege des „Aufsteigens zum Konkreten“ sind die abstrakten Begriffe Orientierungsgrundlagen, mit deren Hilfe die Realität gedanklich erzeugt, konstruiert, abgebildet wird. Beispielsweise, um das oben dargestellte Beispiel aufzugreifen, muss, nachdem der Begriff „Lebewesen“ gewonnen wurde, nun durch ihn orientiert, untersucht werden, wodurch das konkrete Leben konkreter Pflanzen- oder Tierarten gekennzeichnet ist. Der Begriff wird dadurch mit konkretem Inhalt verbunden und gleichzeitig bietet er die Gelegenheit, mit seiner Hilfe selbst weiterzulernten. Die Lernenden können nun beliebige, sie interessierende Lebewesen untersuchen und den Begriff weiter konkretisieren und ausdifferenzieren. In diesem Fall müsste die oben gestellte Frage (Warum ist ein Kaninchen ein Lebewesen?) dadurch beantwortet werden, dass gezeigt wird, wie die Ernährung, Fortpflanzung, Entwicklung beim Kaninchen erfolgen. Anders als im geschilderten Beispiel, bei dem der Begriff sich im abstrakten Inhalt erschöpft und gewissermaßen „stirbt“ („totes Wissen“), wird ihm auf dem Wege des „Aufsteigens“ Leben eingehaucht. Er entwickelt sich über das Denken und Handeln des Lernenden weiter.

## 8.5 Methoden naturwissenschaftlichen Lernens ausbilden – Methodenkompetenz fördern

Ein zielgerichtetes Aufschließen der Kinder für naturwissenschaftliches Lernen geht nur über die Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden. Wissenschaftliche Methoden sind eine besondere Form bewusst kontrollierten erkenntnisgeleiteten Handelns. Methoden treten uns stets als Handlungen gegenüber. Jede komplexe Tätigkeit tritt in Handlungen in Erscheinung. Naturwissenschaftliche Handlungen sind elementare Erscheinungsformen der naturwissenschaftlichen Tätigkeit. In ihnen ist der Kontext, der Sinn naturwissenschaftlicher Tätigkeit und naturwissenschaftlichen Lernens in elementarer Form enthalten. Daher sind diese Lernhandlungen so bedeutend, um sich naturwissenschaftliches Lernen anzueignen und in die Welt der Naturwissenschaft einzudringen.

Als Methoden des systematischen, planvollen und kontrollierten Erkenntnisgewinns unterscheiden sich naturwissenschaftliche Lernhandlungen grundlegend von den Lernhandlungen zur Bewältigung von Alltagsanforderungen.

Kinder sind im Alltag naive Realisten und sie nutzen jene Denkstrategien, die sich in ihrem Lebensalltag als erfolgreich bewährt haben: Sie gehen davon aus, dass die Dinge so sind, wie wir sie wahrnehmen. Kinder gehen in der Regel nicht methodisch kontrolliert vor, sondern nutzen die Strategie von Versuch und Irrtum, sie probieren und ihre Erklärungen sind aus der Sicht der Erwachsenen logisch oft nicht konsistent und spekulativ. Ihr Denken hat viel mit dem Spiel gemeinsam, das ihre Haupttätigkeit ist.

Alltagshandeln ist vor allem praktisches Handeln. Das Ziel des Handelns ist die Bewältigung eines ganz konkreten lebenspraktischen Problems. Wir gehen nicht wissenschaftlich an unseren Lebensalltag heran, sonst würden wir im Alltag nicht zu recht kommen. Um auf das oben genannte Beispiel zurückzukommen, werden Kinder, wenn sie herausfinden sollen, warum ein Rennwagenmodell schneller fährt als ein anderes, zunächst probierend handeln. Dabei geht es ihnen dann vor allem darum, herauszufinden, welches Modell am schnellsten ist. Im Rahmen naturwissenschaftlichen Lernens müsste dagegen methodisch vorgegangen werden: Zunächst werden die verschiedenen Merkmale der Rennwagen analysiert. Dann wird in systematischen Versuchen ermittelt, welche Merkmale in welcher Weise dazu führen, dass ein bestimmter Rennwagen schneller ist als ein anderer. Dazu müssen die verschiedenen Merkmale auf ihre Wirkung geprüft werden, indem jeweils nur ein Merkmal verändert wird und alle anderen konstant bleiben. Dies ist ein zeitaufwändiges Vorgehen, welches auf die Erkenntnis der Ursachen und nicht auf den Verwendungszweck – Wettrennen gerichtet ist.

Erkenntnisgeleitetes Handeln zielt in erster Linie auf das Erkennen, auf das Aufdecken von Zusammenhängen und Ursachen, wobei der unmittelbare praktische Nutzen nicht von Bedeutung ist. Auch bezüglich der Methoden, nicht nur der Begriffe, müssen Kinder lernen, den Kontext, das Paradigma ihres Handelns zu wechseln.

Die Aneignung naturwissenschaftlicher Lernhandlungen kann nicht losgelöst von naturwissenschaftlichen Inhalten (im Sinne eines Methodentrainings) durchgeführt werden, sondern muss sinnvoll mit der Aneignung der naturwissenschaftlichen Sachinhalte verbunden werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das Lösen naturwissenschaftlicher Probleme, welches wir exemplarisch darstellen wollen.

Das hierbei praktizierte Vorgehen sieht folgendermaßen aus: Ausgangspunkt ist ein Phänomen, das einen kognitiven Konflikt provoziert und Bezug zum Alltag hat (Sinnstiftung!). Dieses wird hinterfragt. Dann werden Vermutungen aufgestellt und sorgfältig geprüft. Dabei wird möglichst objektiv beobachtet und das Beobachtete festgehalten, wenn möglich, finden Messungen statt. Schließlich wird geprüft, ob das herausgefundene Ergebnis die Frage beantworten lässt und die Vermutung bestätigt oder nicht. Entweder es wird eine Folgefrage bearbeitet oder das nunmehr auf wissenschaftlichem Wege gewonnene Wissen angewandt, um besser, im Sinne eines immer auch adäquateren Umgangs mit der Natur, Alltagsanforderungen bewältigen und so sich die eigene Lebenswirklichkeit erschließen zu können.

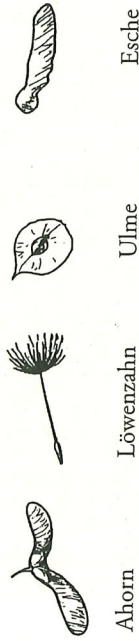
## 8.6 Beispiel

Dass folgende Unterrichtsbeispiel (Samenflug – vgl. Giest 2005) vermittelt einen Eindruck eines möglichen Vorgehens im Unterricht.

*Aus der realen Begegnung mit dem Phänomenen Neugier wecken*

Der Herbst ist die Zeit der Früchte. Anknüpfend an die Beobachtung des Samenfluges, bei der durch einfaches Nachfragen schon Neugier geweckt werden kann, könnte auch die Frage aufgeworfen werden, warum denn wohl die Natur die Tiere (und uns auch) so verschwenderisch im Herbst mit Früchten versorgt. Die Früchte enthalten Samen und die benötigt die Pflanze zur Fortpflanzung, das wissen die Kinder. Was würde geschehen, wenn die Pflanzen Früchte bzw. Samen nur fallen lassen würden? Sie könnten sich nicht verbreiten. Sie würde aussterben, wenn es eine Trockenheit gibt oder Tiere die Stelle, an der sie und ihre Abkömmlinge wachsen, abfressen. Pflanzen haben daher viele Strategien entwickelt, ihre Früchte oder ihren Samen weit zu verbreiten: durch Tiere, die die Früchte fressen, den Samen oft aber nicht verdauen oder durch Wasser und Wind.

Wie aber kann der Wind dabei helfen? Das führt uns zum zweiten Schritt.



*Aus der Neugier Erkenntnisse anstreben – Fragen zum Phänomen stellen*

Es ist von großer Bedeutung, dass Kinder Fragen stellen. Eine Frage ist Ausdruck des Bedürfnisses nach der Antwort. Uns interessiert zunächst nicht die Frage, sondern die Antwort darauf wollen wir wissen. Insofern ist jede Frage Ausdruck der Gerichtheit der Persönlichkeit, Ausdruck eines möglichen, aufkeimenden Interesses. Zunächst kann die Frage aus Neugier gestellt werden, die dadurch entsteht, dass ein Kind auf ein für es reizvolles Phänomen aufmerksam geworden ist. Hier geht es nun aber nicht nur darum, eine Frage zu stellen, sondern das Phänomen zu hinterfragen. Im Unterricht kann beispielsweise eine ganze Reihe von Fragen aufgeschrieben werden. Von besonderer Bedeutung sind dabei Fragen, die mit einem **WARUM** beginnen: Warum hat die Pflanze Samen? Warum müssen die Samen von der Mutterpflanze weg? Warum können Samen fliegen? *Warum haben einige Samen Flügel, andere nicht? Warum haben einige Samen große, andere kleine Flügel? Oder: Welchen Einfluss haben die Flügelgröße und das Gewicht auf das Flugverhalten des Samens?*

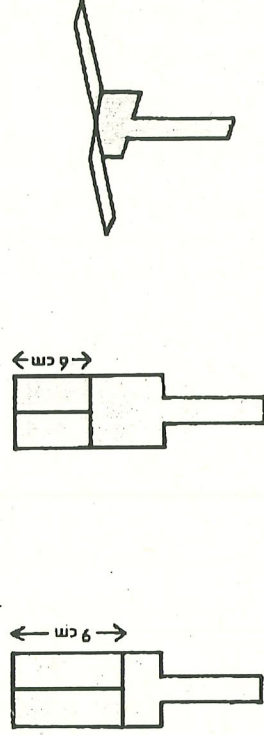
Fragen sind überaus wichtig, allerdings nicht hinreichend, damit Interessen geweckt werden können. Interessen entwickeln sich beim Handeln. Deshalb muss der dritte Schritt auf das Handeln der Kinder zusteuern, über welches die Antworten auf die Fragen gewonnen werden können.

*Erkenntnismethoden anwenden – kognitive Strategien fördern*

Wenn es um naturwissenschaftliches Lernen geht, dann sollte Erwähnung finden, dass viele technische Errungenschaften gewissermaßen aus der Natur abgegriffen wurden. Bei uns geht es um das Fliegen. Unsere Frage ist: Warum fliegt ein Samen, welche Rolle spielen die Flügel dabei? Ein möglicher Weg, diese Frage zu beantworten, wäre die Beobachtung in der Natur, bei der die unterschiedlichsten Samen in ihrem Flugverhalten beobachtet werden. Durch den Vergleich lassen sich die unterschiedlichen Bedingungen des Fluges herausfinden und in ihrer Bedeutung bewerten. Klarheit bringend und mit Blick auf naturwissenschaftliches Lernen bedeutsamer ist der Versuch, in dem die Natur im Modell nachgestellt und untersucht wird. Dabei lassen sich die wesentlichen naturwissenschaftlichen Bedingungen herauslösen und in ihrer Bedeutung untersuchen.

In unserem Fall müsste überlegt werden, wie man einen Samen mit Flügeln nachbauen könnte, um dann die Funktion und Wirkung unterschiedlicher Flügel untersuchen zu können. Dabei sind zwei Bedingungen zu gestalten: a) das Gewicht des Samens und b) die Flügelgröße. Wir entwerfen ein geeignetes Modell (vgl. Abb. 1).

Abb. 1:  
Modell eines  
„Samenfliegers“



*Beobachtung, Versuch, Experiment zur Beantwortung der Frage*

Häufig wollen Kinder Modelle einfach ausprobieren. Für einen naturwissenschaftlichen Versuch ist es jedoch bedeutsam, diesen gemeinsam mit den Kindern erst zu planen. Dazu sind die Fragen zu beantworten:

– Wie viele Beobachtungen brauchen wir (gestaltete Bedingungen Flügelgröße/ Samengewicht)?

– Was wollen wir beobachten, messen?

– Wie halten wir die Beobachtungsergebnisse fest?

Geplant wird, dass in Abhängigkeit von der Flügelgröße (Widerstand der Luft, der beim Fallen überwunden werden muss) und vom Gewicht (wirkt zusätzlich gegen den Luftwiderstand – Büroklammern) das Flugverhalten beobachtet (Geschwindigkeit des Drehens) und die Flugzeit gemessen werden soll. (Die Fallhöhe muss dabei jeweils gleich sein.)

Schließlich kann der Versuch durchgeführt werden, wobei sorgfältig zu beobachten ist, wie sich die Flügelgröße und das Samengewicht auf das Flugverhalten (die Flugdauer) auswirken. Wichtig ist ferner, dass eine Antwort auf die gestellten Fragen:

„Warum haben einige Samen Flügel, andere nicht? Warum haben einige Samen große, andere kleine Flügel? Oder: Welchen Einfluss haben die Flügelgröße und das Gewicht auf das Flugverhalten des Samens?“

aufgeschriebenen und verglichen wird, ob die gefundenen Ergebnisse die Ausgangsfragen beantworten.

#### *Anwendung auf die Wirklichkeit (Verstehen und praktisches Gestalten)*

Schließlich, nachdem erkannt wurde, dass die Flügelgröße die Tragfähigkeit des Flugapparats vergrößert, dieser dann länger in der Luft bleibt und folglich weiter fliegen kann, sollte diese Erkenntnis auf die Lebenswirklichkeit der Kinder angewandt werden. Beim Vergleich von Regen- und Schneefall kann nun erklärt werden, warum Schneeflocken so lange in der Luft tanzen, Regentropfen oder Hagelkörner aber nicht. Die Kinder könnten überlegen, wie diese Erkenntnis angewandt werden kann, um Flugapparate für Menschen zu bauen. Dabei kann im Lexikon oder im Internet recherchiert werden (Stichwort Fliegen, Otto Lilienthal). Sie könnten versuchen zu erklären, warum Segelflugszeuge so weite Flügelspannen haben, weshalb Segelgeleiter funktionieren, weshalb schwere Vögel oder Fledertiere große Flügelspannen haben, Insekten jedoch mit kleinen Flügeln fliegen. Die nächsten Fragen schließen sich an: Warum aber haben Disenflieger so kleine Flügel und fliegen trotzdem? Wie fliegen ein Flugzeug, eine Rakete. Aber das ist dann schon das nächste Problem.

Wenn als Ergebnis des Lernens ständig weitere Fragen abgeleitet, gestellt werden, kann dies als Indiz für ein entstandenes Interesse gewertet werden.

Die von uns in dieses Buch aufgenommenen Beiträge repräsentieren das Umgehen mit lebender Natur im Sachunterricht. Nicht alle Aspekte, die im einleitenden Text eine Rolle spielten, konnten in den Kapiteln „Annäherungen“, „Untersuchungen“ und „Einrichtungen“ aufgegriffen werden. Alle Aufsätze ordnen sich jedoch in den Grundrahmen ein und stehen exemplarisch für das naturbezogene Lernen im Sachunterricht.

- Billett, S. (1996): Situated learning: Bridging sociocultural and cognitive theorising. *Learning and Instruction*, 6, 3, pp 263-280.
- Brämer, R. (1997): Jugendreport Natur '97. Das Bambi-Syndrom. Erste Befunde zum Thema Jugend und Natur. Herausgegeben von der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald NRW e.V. und der Philipps-Universität Marburg.
- Brämer, R. (2004): Jugendreport Natur '03: Nachhaltige Entfremdung. Herausgegeben von der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald NRW e.V. und der Philipps-Universität Marburg.
- Brügelmann, H. (1998): Öffnung des Unterrichts, Befunde und Probleme der empirischen Forschung. In: Brügelmann, H., Fölling-Albers, M. & Richter, S. (Hrsg.): *Jahrbuch Grundschule: Fragen der Praxis*. Befunde der Forschung. Seelze: Friedrich, S. 8-42.
- Caravita, S. & Halldén, O. (1994): Re-Framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 1, pp 89-112.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989): „An experiment is when you try it and see if it works“: A study of grade 7 student's understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, pp 514-529.
- Carey, S. & Spelke, E.S. (1994): Domain specific knowledge and conceptual change. In Hirschfeld, L.A. & Gelman, S.A. (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 169-200.

## Literatur

- Collins A., Brown J.S., Newman S.E. (1989): *Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics*. In: Resnick, L.B. (Ed.), *Knowing, Learning and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, pp 453-494.
- Einsiedler, W. (1997): *Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung: Literaturüberblick*. In: Weinert, F.E. & Helmke, A. (Hrsg.): *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Beltz, S. 225-240.
- Fodor, J. A. (1983): *The modularity of the mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.) (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Giest, H. & Lompscher, J. (2006): *Lernfähigkeit – Lernen aus kulturhistorischer Perspektive*. Ein Beitrag zur Entwicklung einer neuen Lernkultur im Unterricht. Berlin: Lehmanns Media-LOB.de. (ICHS – International Cultural-historical Human Sciences, Bd. 15)
- Giest, H. (2002): *Entwicklungsfaktor Unterricht*. Landau: Verlag Empirische Pädagogik e.V.
- Giest, H. (2004): Experimentieren als Erkenntnis- und Lernhandlung. *Wie lernen Kinder experimentieren? Unterricht Arbeit + Technik*, 6, 22, S. 58-61.
- Giest, H. (2005): *Interessensförderung durch naturwissenschaftlich-technischen Unterricht*. Grundschulunterricht, 10, S. 23-27.
- Halldén, O. (1999): *Conceptual Change and Contextualization*. In: Schnotz, W., Vosniadou, St. & Carretero, M., *New Perspectives on Conceptual Change*. Amsterdam...: Pergamon, pp 53-65.
- Hartinger, A. (2003): *Experimente und Versuche*. In: Reeken, D. v. (Hrsg.): *Handbuch Methoden im Sachunterricht*. Baltmannweiler: Schneider, S. 68-75.
- Hasselhorn, M. & Mähler, C. (1998): *Wissen, auf das Wissen baut: Entwicklungspsychologische Erkenntnisse zum Wissenserwerb und zum Erschließen von Wirklichkeit im Grundschulalter*. In: Kahlert, J. (Hrsg.): *Wissenserwerb in der Grundschule*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 73-90.
- Lompscher, J. (Hrsg.) (1988): *Persönlichkeitsentwicklung in der Lernfähigkeit*. Berlin: Volk und Wissen.
- Mähler, C. (1999): *Naive Theorien im kindlichen Denken*. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 31, 2, S. 55-65.
- Meer, E. v. d. (1996): *Gesetzmäßigkeiten und Steuerungsmöglichkeiten des Wissenserwerbs*. In: Weinert, F.E. (Hrsg.): *Psychologie des Lernens und der Instruktion (Enzyklopädie der Psychologie, Serie Pädagogische Psychologie, Bd. 2)*. Göttingen...: Hogrefe, S. 209-248.
- Möller, K., Jönen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2003): *Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung*. Zeitschrift für Pädagogik, 43. Beiheft, S. 176-191.
- Nobes, G., Moore, D.G., Martin, A.E., Clifford, B.R., Butterworth, G., Panagiotaki, G. & Siegal, M. (2003): *Children's understanding of the earth in a multicultural community: mental models or fragments of knowledge? Developmental Science*, 6, 1, pp 72-85.
- Oers, B. v. (1998): *From Context to Contextualizing. Learning and Instruction*, 8, 6, pp 473-488.
- Peschel, F. (2002): *Offener Unterricht – Idee, Realität, Perspektive und ein praxiserprobtes Konzept zur Diskussion*. Teil I: Allgemeinbildende Überlegungen. Teil II: Fachdidaktische Überlegungen. Baltmannweiler: Schneider.
- Pintrich, P. R. (1999): *Motivational Beliefs as Resources for and Constraints on Conceptual Change*. In: Schnotz, W., Vosniadou, St. & Carretero, M., *New Perspectives on Conceptual Change*. Amsterdam...: Pergamon, pp 33-50.
- Reeken, D. v. (Hrsg.) (2003): *Handbuch Methoden im Sachunterricht*. Baltmannweiler: Schneider
- Renkl, A. (1994): *Träges Wissen: Die „unerklärliche“ Kluft zwischen Wissen und Handeln (Forschungsbericht Nr. 41)*. München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Renkl, A. (2001): *Träges Wissen*. In: Rost, D. H.: *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, S. 717-720.
- Reyter, J. (2006) *Evolutionäre Bindungstheorie – Ein neuer Typ integrativer Sozialisationsforschung*. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Beiheft 9, 5-06, S. 133-152.
- Saljö, J. (1999): *Concepts, Cognition and Discourse: From Mental Structures to Discursive Tools*. In: Schnotz, W., Vosniadou, St. & Carretero, M., *New Perspectives on Conceptual Change*. Amsterdam...: Pergamon, pp 81-90.

- Schauble, L. & Glaser, R. (1990): Scientific Thinking in Children and Adults. In: Kuhn, D. (Ed.), *Developmental Perspectives on Teaching and Learning Thinking Skills*, vol 21. Basel: Karger, pp 9-27.
- Scheunpflug, A. & Wulf, Ch. (Hrsg.) (2006): Biowissenschaft und Erziehungswissenschaft. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Beiheft 9, S. 5-06.
- Schnotz, W. (2001): Conceptual change. In: Rost, D.H. (Hrsg.): *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, S. 75-81.
- Schnotz, W., Vosniadou, St. & Carretero, M. (1999): New Perspectives on Conceptual Change. Amsterdam, Oxford & Brewer: Pergamon.
- Schrempf, I. & Sodian, B. (1999): Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungsergebnissen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 3, 2, S. 67-77.
- Siegler, R.S. (1989): Commentary: Human Development, 32, S. 104-109.
- Sodian, B. (1998): Wissenschaftliches Denken. In: Rost, D.H.: *Handwörterbuch der Pädagogischen Psychologie*. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union, S. 566-570.
- Sodian, B. (2002): Entwicklung begrifflichen Wissens. In: Oerter, R. & Montada, L. (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie*. München, Weinheim: Psychologie Verlags Union, vollständig überarbeitete 5. Auflage, S. 443-468.
- Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P. & Günther, J. (2003): Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, S. 152-206.
- Soostmeyer, M. (2002): Genetischer Sachunterricht. Unterrichtsbeispiele und Unterrichtsanalysen zum naturwissenschaftlichen Denken bei Kindern aus konstruktivistischer Sicht. incl. CD-ROM mit der Datenbasis: Experimente und Materialien zum genetischen Sachunterricht. Baltmannsweiler. Schneidder.
- Stern, E. (2002): Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In: Peillon, H. (Hrsg.): *Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule – Kindperspektive und pädagogische Konzepte*. Opladen: Leske & Budrich, Jahrbuch Grundschulforschung 5, S. 27-42.
- Sugarmann, S. (1989): *Commentary, Human Development*, 32, pp 110-112.
- Vamvakoussi, X. & Vosniadou, St. (2004): Understanding the structure of the set of rational numbers: a conceptual change approach. *Learning and Instruction* 14, pp 443-467.
- Vosniadou, St. (1994): Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, 4, 1, pp 45-70.
- Vosniadou, St. (1999): *Conceptual Change Research: State of the Art and Future Directions*. In: Schnotz, W., Vosniadou, St. & Carretero, M., *New Perspectives on Conceptual Change*, Amsterdam...: Pergamon, pp 3-13.
- Wagenschein, M. (1995): *Naturphänomene sehen und verstehen*. Stuttgart: Klett.
- Weinert, F.E. & Schrader, F.-W. (1997): Lernen lernen als psychologisches Problem. In: Weinert, F.E. & Mandl, H. (Hrsg.): *Psychologie der Erwachsenenbildung*. Göttingen: Hogrefe. (= Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D, Praxisgebiete: Serie 1, Pädagogische Psychologie. Bd. 4), S. 296-335.
- Weinert, F.E. (1996): *Lerntheorien und Instruktionsmodelle*. In: Weinert, F.E. (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion*. Göttingen: Hogrefe, S. 1-48.
- Wellman, H.M. & Gelman, S.A. (1998): *Knowledge acquisition in foundational domains*. In: Kuhn, D. & Siegler, R.S. (Vol. Ed.), *Handbook of child psychology* (5th ed. Vol.), New York: Wiley, pp 523-573.
- Wellman, H.M., Cross, D. & Watson, J. (2001): A meta analysis of theory of mind development: The truth about false belief. *Child Development*, 72, pp 655-684.
- Wygotski, L.S. (1964): *Denken und Sprechen*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Wygotski, L.S. (2002): *Denken und Sprechen*. Weinheim und Basel: Beltz.