

9 Beobachten und Experimentieren

Ursula Frischknecht-Tobler und Peter Labudde

«Nicht weil es schwierig ist, wagen wir es nicht, sondern weil wir es nicht wagen, ist es schwierig.»

Sokrates, griechischer Philosoph

«Was man zu verstehen gelernt hat, fürchtet man nicht mehr.»

Marie Curie, Chemikerin und Nobelpreisträgerin

«Man soll nie damit aufhören, Fragen zu stellen.»

Albert Einstein, Physiker und Nobelpreisträger

«Jeder kann knipsen, auch ein Automat. Aber nicht jeder kann beobachten.»
Friedrich Dürrenmatt, Schriftsteller

«Der Mensch muss bei dem Glauben verharrern, dass das Unbegreifliche begreiflich sei; er würde sonst nicht forschen.»

Johann Wolfgang Goethe, Dichter und Universalgelehrter

«Am Anfang jeder Forschung steht das Staunen. Plötzlich fällt einem etwas auf.»
Wolfgang Wickler, Verhaltensforscher und Zoologe

«Erst zweifeln, dann untersuchen, dann entdecken!»

Henry Thomas Buckle, Englischer Kulturhistoriker

«Je einfacher das Experiment, desto schöner ist es.»

Hans Molisch, Botaniker

Was ist das Wichtigste, was ist neu an einem Ansatz, der das Beobachten und Experimentieren in den Mittelpunkt des Naturwissenschaftsunterrichts stellt? Welches sind die Schwierigkeiten, worauf muss man achten beim Aufbauen der Experimentierfähigkeit und was alles muss man im Auge behalten, um Schüler und SchülerInnen zum Beobachten und Experimentieren erfolgreich anzuleiten?

9.1 Wozu experimentieren?

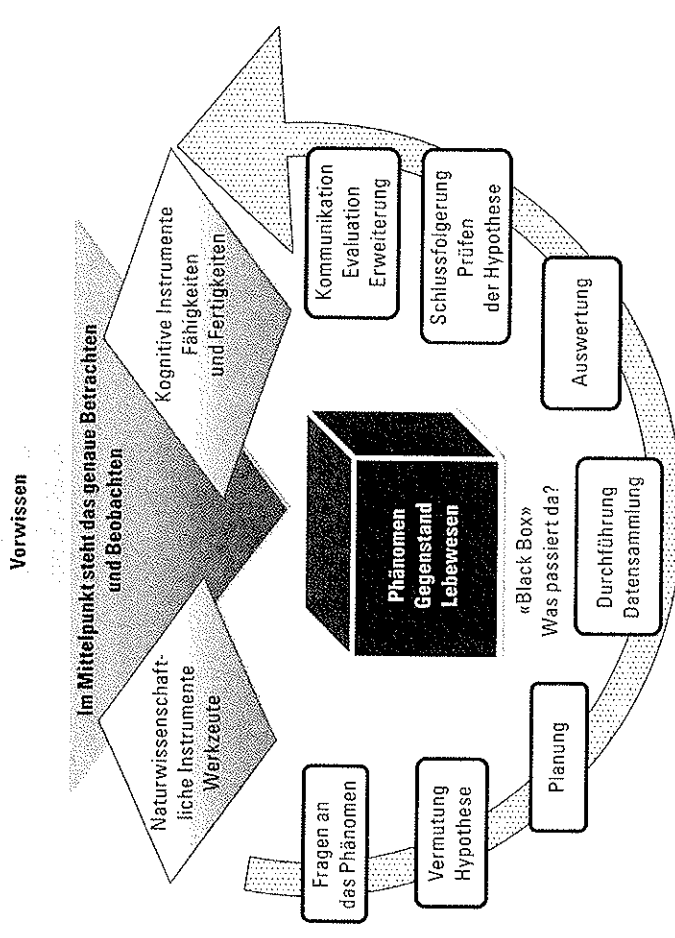
Seit vielen Jahren ist in den USA «*Science through Inquiry*» bekannt. Es geht dabei um die empirisch gut gestützte Annahme, dass naturwissenschaftlich bedeutsames Wissen nicht durch bloße Vermittlung, passive Aufnahme, Nachvollziehen und Memorieren erfolgreich gelernt wird. Vielmehr sollen relevante Fragen oder spannende Probleme an den Anfang gestellt werden (vgl. auch Kap. 4). Die «Kochbücher» des Experimentierens und das Ping-Pong von Frage und Antwort werden in schülergerechte Forschungsansätze und echte Erfahrungen verwandelt und Möglichkeiten zur Evaluation der Fortschritte, den die Kinder mit dieser Unterrichtsform machen, aufgezeigt. Eigenes Fragen, Untersuchen und Erforschen schulen das Wahrnehmungsvermögen und ermöglichen ein besseres Verständnis für wissenschaftliche Ideen und Zusammenhänge. Fünf bedeutende Faktoren, die 5 E's, werden dabei unterschieden (Bybee et al., 2006; Shields, 2006):

1. Engagement: Lernende werden herausgefordert und engagieren sich in wissenschaftlich orientierten Fragestellungen.
2. Erkundung: Lernende sammeln Daten und suchen Antworten auf Fragen.
3. Erklärung: Lernende formulieren Erklärungen aus ihren Daten.
4. Erweiterung: Lernende verknüpfen ihre Erklärungen mit wissenschaftlichen Konzepten und verstehen sie in neuen Situationen.
5. Evaluation: Lernende kommunizieren und vertreten ihre Erklärungsmodelle und Schlussfolgerungen vor anderen und erhalten Feedback.

Diese Faktoren können in verschiedenen Phasen des Unterrichts in einen eigentlichen *Experimentierzyklus* eingeteilt werden. Zuerst werden die Vorerfahrungen der Kinder aufgerufen, werden Aufmerksamkeit und Interesse auf den neuen Lerninhalt, eine Frage oder ein Problem gerichtet. Dann folgt die Suche nach Antworten durch geleitete oder selbstständige Beobachtungen und Experimente. In der Phase der Erklärung werden bestimmte Aspekte der Fragestellung durch die Lehrperson hervorgehoben. Dabei kann sie einiges über neu erworbene Fähigkeiten und Konzeptwissen der Kinder erfahren und dieses auch in Richtung tieferen Verständnisses steuern. In der Erweiterungsphase gewinnen die Lernenden Sicherheit, indem sie, durch neue Fragen und Problemstellungen herausgefordert, Zusatzaktivitäten und -experimente durchführen. Die Evaluationsphase ermöglicht, die gesetzten Ziele und die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu evaluieren.

Der Zyklus des Experimentierens

Dieser Zyklus ist in allen Schulstufen grundlegend gleich, hingegen können z. B. die Führung durch die Lehrperson, die Art der Fragestellung (offen, geschlossen, vorgeben, eigen), der Einsatz der Werkzeuge und die benötigten Fähigkeiten und Fertigkeiten variieren.



9.2 Genaues Beobachten als Grundlage zum Experimentieren

Verschiedene Fähigkeiten und Fertigkeiten sind mit dem Experimentieren eng verknüpft; Betrachten als die Erschließung ruhender Objekte und Beobachten als das Verstehen dynamischer Prozesse gehören dabei zu den wichtigsten und zugleich schwierigsten. Ohne diese Fähigkeiten kommen keine Fragen zustande und bringen Experimente kaum einen Erkenntnisgewinn. Beobachten ist mehr als bloßes Hinsehen, es muss daher sorgfältig angeleitet und eingeübt werden, um zu gelingen. Lehrpersonen können nicht annehmen, dass Kinder genau das wahrnehmen, was man sich als Lehrperson vorgestellt hat. Die Kinder selber müssen die Selektion auf bestimmte Aspekte zunächst einmal vornehmen. Beobachten bedeutet exaktes, differenziertes Wahrnehmen von typischen Merkmalen und Veränderungen an einem Gegenstand, einem Lebewesen oder einem Phänomen. Es umfasst alle Sinne und schließt auch Denkvorgänge und das Beschreiben des Wahrgenommenen mit ein. An dieser Stelle ist es wichtig, die Lernenden zur Unterscheidung zwischen Beobachtung und Interpretation anzuleiten und die Beobachtungsergebnisse nicht mit Bruchstücken von Vorwissen zu vermengen. Bei der Auswertung der Beobachtungsergebnisse jedoch sollte die Lehrkraft ebenfalls diejenigen Schüleraussagen aufnehmen, die ihr im Hinblick auf die Unterrichtsziele zunächst weniger bedeutsam erscheinen.

Beobachtungen erfordern manchmal auch technische Hilfsmittel, mit denen die Lernenden vertraut sein müssen und die die Genauigkeit der Beobachtung verbessern (z. B. Lupe, Mikroskop, Uhr, Maßstab, Thermometer etc.).

Nach Intensität und Dauer können folgende Beobachtungsarten unterschieden werden:

- Spontanbeobachtungen.* Sie sind im Unterricht nicht eingeplant und ergeben sich oft an außerschulischen Lernorten. Beispiel: das Hämmern eines Buntspechts bei einer Waldexkursion.
- Kurzzeitbeobachtungen.* Sie haben in einer Unterrichtsstunde Platz und werden dann abgeschlossen. Beispiele: Beobachtung des Sozialverhaltens von Rennmäusen, des Funktionierens eines Zahnrades.
- Langzeitbeobachtungen.* Sie erstrecken sich über einige Tage oder Wochen und benötigen oft wieder neue Anregungen durch die Lehrperson, um die Aufmerksamkeit auf den Vorgang zu lenken. Beispiel: Keimung und Wachstum von Pflanzen, jahreszeitliche Beobachtungen von Wetterphänomenen.

Lernanlässe zum genauen Betrachten und Beobachten

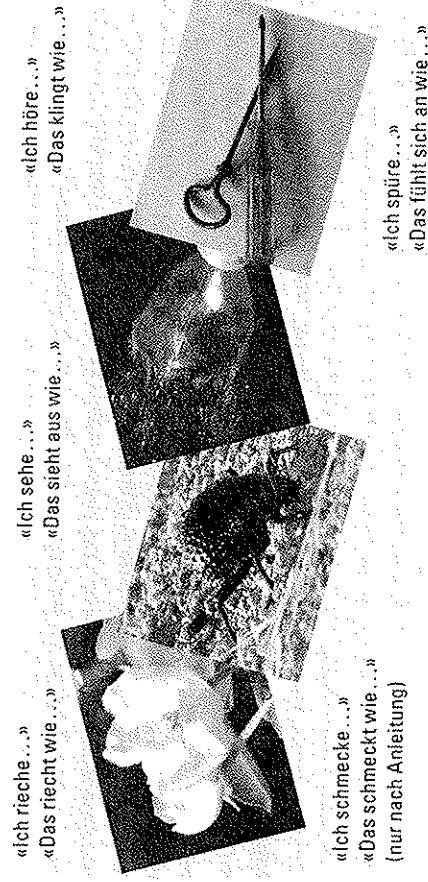
- ☛ *Objekte* wie Blumen, Früchte, Blätter, Samen, Knospen, Steine, technische Apparate, Schneckenhäuser, Muscheln, Schneeflocken;
- ☛ *Ereignisse* wie eine Kerze; die brennt; Popcorn, das aufspringt; einen Ball, den man auf den Boden fallen lässt (Kap. 15.3); einen Wassertropfen, der auf Wachspapier rinnt;
- ☛ *Veränderungen* wie ein Stück Brot, das verschimmelt; Knospen, die sich öffnen; Herbstblätter, die sich verfärben; Pflanzen, die wachsen.

Beispiele:

- Jedes Kind zeichnet eine Erdnuss oder einen Sonnenblumensamen genau ab und beschreibt Farbe, Form, Größe, Oberfläche. Dann werden die Objekte gemischt und alle Kinder finden ihr eigenes wieder.
- Alle Kinder zeichnen aus ihrer Vorstellung eine Ameise und stellen beim Zeichnen Fragen, die notiert werden: Haben Ameisen Augen und Ohren? Haben sie auch Füße? Wo leben Ameisen? Wie fressen Ameisen? Dann wird den Kindern eine Becherlupe mit einer Ameise gegeben. So viele Fragen wie nur möglich sollen durch Beobachten des Tieres und von dessen Lebensraum beantwortet werden. Am Schluss wird nochmals eine Zeichnung angefertigt, die einer Ameise möglichst ähnlich sieht.

Einbezug aller Sinne

(nach Rezba et al., 2007)



Farbe, Form, Gewicht, Volumen, Temperatur, Geruch, Geschmack, Klang, Oberflächenbeschaffenheit ...»

9.3 Aufbau der Experimentierfähigkeit

Für das Experimentieren sind vier Komponenten im Auge zu behalten: die Vermutung oder *Hypothese*, die *abhängige* (= *interessierende*) und die *unabhängige* (= *veränderte*) *Variable* sowie der *Kontrollansatz*, mit dem das *Experiment verglichen wird* (Hammann et al., 2006). Im Unterricht kann folgender Aufbau vorgenommen werden, um Kinder und Jugendliche vom geführten zum offenen, forschenden Experimentieren zu bringen:

1. Das *qualitative Experiment* lässt Ja/Nein-Antworten zu. Bei der experimentellen Überprüfung der Vermutung, dass Licht wichtig sei für das Wachstum von Pflanzen, lernen Kinder die abhängige Variable (Wachstum) und die unabhängige Variable (Licht) zu benennen. Dabei wird je eine von zwei gleich großen Bohnenpflanzen ans Licht (Kontrolle) und ins Dunkel (Experiment) gestellt. Die Unterschiede im Wachsen der Bohnenpflanzen lassen die Frage beantworten. Es ist wichtig, dass die Ergebnisse klar und eindeutig sind.
2. Das *quantitative Experiment*, welches neben einer Beobachtung auch eine zahlenmäßig erfassbare Größe beinhaltet, verlangt bereits zusätzliche Fähigkeiten und Fertigkeiten wie z. B. den Umgang mit Messgeräten, das Aufzeichnen von Daten, die grafische Darstellung und die Reflexion unterschiedlicher Messdaten. Es kann zum Beispiel die Frage, bei welcher Temperatur Wasser siedet, durch ein Experiment geklärt werden. Die Messdaten werden unterschiedlich ausfallen, was zur Diskussion des Kontrollansatzes (Sieden) und der Genauigkeit der Thermometer und des Ablesens führen wird.

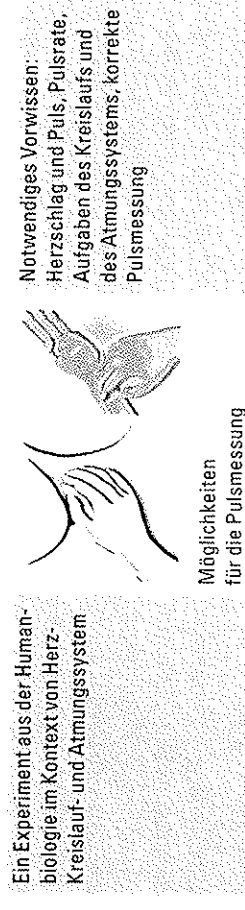
Diese beiden Ansätze, bei denen es zunächst einmal um ein Methodentraining geht, sollen zu einem sicheren Umgang mit Variablen und Kontrollansätzen und einer reflektierten Annäherung an Messdaten führen.

Bei der Auswertung von Experimenten stehen Fragen im Vordergrund wie: Ist eure Vermutung bzw. Hypothese bestätigt worden? Was waren die wichtigsten Resultate (hier soll die Beziehung zwischen der abhängigen und der unabhängigen Variable nochmals hervorgehoben werden)? Gab es etwas Überraschendes und Unerwartetes? Was könnte das Resultat beeinflusst haben? Wie ließe sich das Experiment verbessern?

Damit ist der Weg geöffnet, um sich an einen gesamten Experimentierzyklus (siehe Grafik in 9.1) im Sinne von forschendem Lernen im größeren Zusammenhang eines naturwissenschaftlichen Themenbereichs zu wagen.

Was verändert deinen Puls?

Eine Frage zur experimentellen Beantwortung für das 4.–6. Schuljahr



Offener Auftrag:

Entwerft in Partnerarbeit ein Experiment, mit dem ihr die Frage überprüfen könnt. Formuliert zuerst eine Vermutung. Beschreibt euer Experiment so genau, dass andere es nachmachen können.

Auftrag mit gelenkter Instruktion:

Vermutung: Die Kinder schreiben ihre Hypothesen auf und begründen sie kurz. Dadurch kann Einblick genommen werden in ihre Denkwegen, und eine bessere Hilfestellung ist möglich. Die Formulierung «je ... desto» eignet sich für quantitative Experimente, also hier: «je mehr ich mich bewege, desto grösser ist meine Pulsrate».

Planung: Was kann ich messen (abhängige Variable, d. h. die Pulsrate)? Was werde ich verändern (unabhängige Variable, d. h. die Art der Bewegung)? Wovon gehe ich aus, womit vergleiche ich meine Resultate (Kontrolle, d. h. der Puls in Ruhe)? Was mache ich immer genau gleich (Messung des Pulses)? Was für Hilfsmittel benötige ich (Uhr, Bleistift, Papier)? Wenn all diese Fragen geklärt sind, überlegen sich die Kinder den Ablauf ihres Experiments und schreiben die Vorgehensweise genau auf. Anschließend werden die verschiedenen Versuchsanordnungen in Form einer Expertenrunde diskutiert, hinterfragt und wenn nötig angepasst.

Auswertung: Die Resultate werden verglichen und besprochen. War unsere Vermutung richtig oder falsch? Woher stammen die Unterschiede zwischen einzelnen Kindern? Können wir unsere Resultate mit anderen Gruppen vergleichen? Was ist uns sonst aufgefallen (z. B. veränderte Atemfrequenz)?

Fachwissen und Erweiterung: Neben der Diskussion des experimentellen Ansatzes und der Resultate ist gleichermaßen der Inhalt wichtig: Warum sind die Resultate so, wie sie sind? Was schliesse ich daraus? Wie hängen Herz-Kreislauf, Atmung und Bewegung zusammen? Was für neue Fragen möchte ich verfolgen?

9.4 Bildungsstandards zum Beobachten und Experimentieren

In Lehrplänen, Kompetenzmodellen und Bildungsstandards (Kap. 1.4 und 1.5) haben das Betrachten, Beobachten und Experimentieren einen hohen Stellenwert. Unter den Titeln «Erkenntnisgewinnung» (Deutschland), «Fragen und untersuchen» (Schweiz) oder «Untersuchen, Bearbeiten, Interpretieren» (Österreich) wird ein Kompetenzbereich definiert, der oftmals als der charakteristischste für den naturwissenschaftlichen Unterricht gilt. Kinder sollen in diesem Bereich wichtige Kompetenzen aufbauen. So werden in der Schweiz im Handlungsaspekt «Fragen und untersuchen» folgende Basisstandards für das Ende des 2. und 6. Schuljahrs vorgeschlagen (Konsortium HarmoS Naturwissenschaften+, 2008):

2. Klasse, «Fragen und untersuchen»: Die Schülerinnen und Schüler können:
 1. einfache Phänomene wahrnehmen, beobachten und mit alltagsprachlichen Begriffen beschreiben.
 2. zu vertrauten Lebewesen und alltäglichen Gegenständen eigene Fragen stellen.
 3. angeleitet und mit vorgegebenen Werkzeugen und Instrumenten einfache Phänomene untersuchen. Sie können zum Beantworten eigener Fragen zu Phänomenen und zum Umsetzen eigener Ideen Werkzeuge, Instrumente, Materialien und Bausätze spielerisch-explorativ verwenden.
 4. angeleitet zu Fragen mit vorgegebenem Material Erkundungen und Untersuchungen durchführen sowie einzelne Aspekte der Durchführung und Ergebnisse ihrer Erkundung bzw. Untersuchung beschreiben und beurteilen.
6. Klasse, «Fragen und untersuchen»: Die Schülerinnen und Schüler können:
 1. einfache Phänomene mit mehreren Sinnen wahrnehmen und beobachten. Sie können zu Phänomenen einfache Messungen vornehmen und Daten sammeln, ansatzweise ordnen und vergleichen und die Phänomene auf diese Weise beschreiben.
 2. zu Lebewesen, Gegenständen und Prozessen aus ihrer Umgebung Fragen, einfache Vermutungen und Problemstellungen aufwerfen.
 3. beim Untersuchen von Phänomenen und Anfertigen technischer Konstruktionen vorgegebene Werkzeuge und Instrumente einsetzen sowie geeignete Werkzeuge, Instrumente und Materialien zum Bearbeiten eigener Fragen und Probleme selber wählen und suchend-explorativ verwenden.
 4. angeleitet zu vorgegebenen oder gemeinsam entwickelten Fragen und Hypothesen mit teils vorgegebenem Material Erkundungen und Untersuchungen planen und durchführen. Sie können Messungen durchführen, Daten sammeln, ordnen und auswerten, dabei ansatzweise Regelmäßigkeiten erkennen und zu Fragen und Hypothesen Stellung nehmen.
 5. Aspekte des Prozesses (Planung, Durchführung, Ergebnisdarstellung) ihrer Erkundung bzw. Untersuchung beschreiben und ansatzweise und nachvollziehbar beurteilen.

Was mischt sich mit Wasser?

Ein Experiment für die 2.–3. Klasse



Auftrag: Finde heraus, welche Dinge sich mit Wasser mischen oder nicht mischen. Wir sagen zu diesen Dingen auch Stoffe. Du bekommst der Reihe nach die folgenden sechs Stoffe:

1. Zucker,
2. Heu,
3. Erde,
4. Sägemehl,
5. Salz,
6. Mehl.

1. Deine Fragen

Welche Fragen fallen dir zu diesen Mischversuchen ein? Schreibe sie auf: ...

2. Was findest du heraus?

- ☒ Gib einen Löffel eines Stoffes in einen Becher mit Wasser.
- ☒ Rühre eine Weile sorgfältig um.
- ☒ Beobachte, was passiert. Schreibe deine 1. Beobachtung in die Tabelle.
- ☒ Lass die Mischung stehen und beobachte immer wieder, was passiert.

Schreibe deine 2. Beobachtung in die Tabelle:

Wasser gemischt mit:	Meine Beobachtungen:
Zucker (analog für die anderen Stoffe)	1. Beobachtung: _____ 2. Beobachtung: _____

3. Was gehört zusammen?

Fasse die Stoffe, die sich im Wasser ähnlich verhalten, in Gruppen zusammen. Schreibe die Namen der Stoffe auf. Beschreibe jede Gruppe mit einem Satz. (Eintrag in eine vorbereitete Tabelle)

Mittels dieses Experimentierauftrags aus dem Konsortium HarmoS Naturwissenschaften+ (2008) lassen sich u. a. die ersten zwei Teilaspekte der Basisstandards 2. Schuljahr fördern bzw. testen. Es geht um genaues Beobachten (Kap. 9.2) und qualitatives Experimentieren (Kap. 9.3); beim Auftrag selber handelt es sich um eine gelenkte Instruktion (Kap. 9.3). Eine altersgemäße Fortführung bietet das Experiment «Tabletten» auf der übernächsten Seite.

Im Verlaufe der Sekundarstufe I sollen Schülerinnen und Schüler ihre Kompetenzen im Bereich «Fragen und untersuchen» bzw. «Erkenntnisgewinnung» weiter entwickeln und differenzieren können. Die deutsche Kultusministerkonferenz hat sogenannte Regelstandards – Standards, welche vom Durchschnitt der Jugendlichen erreicht werden sollten – für den Mittleren Schulabschluss definiert. Der Abschluss, auf einem mittleren Anspruchsniveau, erfolgt am Ende des 10. Schuljahrs. Für die Physik heißt es (KMK, 2005):

9. Schuljahr, Kompetenzbereich «Erkenntnisgewinnung»:

«Physikalische Erkenntnisgewinnung ist ein Prozess, der durch folgende Tätigkeiten beschrieben werden kann:

- ☒ Wahrnehmen: Beobachten und Beschreiben eines Phänomens, Erkennen einer Problemstellung, Vergegenwärtigen der Wissensbasis,
- ☒ Ordnen: Zurückführen auf und Einordnen in Bekanntes, Systematisieren,
- ☒ Erklären: Modellieren von Realität, Aufstellen von Hypothesen,
- ☒ Prüfen: Experimentieren, Auswerten, Beurteilen, kritisches Reflektieren von Hypothesen,
- ☒ Modelle bilden: Idealisieren, Beschreiben von Zusammenhängen, Verallgemeinern, Abstrahieren, Begriffe bilden, Formalisieren, Aufstellen einfacher Theorien, Transferieren.

Eingebettet in den Prozess physikalischer Erkenntnisgewinnung, sind das Experimentieren und das Entwickeln von Fragestellungen wesentliche Bestandteile physikalischen Arbeitens. In jedem Erkenntnisprozess wird auf bereits vorhandenes Wissen zurückgegriffen.»

Was in der Physik für das Ende des 10. Schuljahres postuliert wird, findet sich in ähnlicher Form auch bei den Fächern Biologie und Chemie (Kap. 1.4). Zusätzlich zum Beobachten, Aufstellen von Hypothesen und Experimentieren kommen unter anderem noch das Ordnen, Modellieren, Idealisieren und Abstrahieren hinzu. (Letzteren Kompetenzen wird im Schweizer Modell, Kap. 1.5, ein eigener Handlungsaspekt gewidmet.)

Auf dieser Stufe geht es vermehrt um quantitative Experimente. Jugendliche sollen am Ende der Sekundarstufe I fähig sein, Hypothesen quantitativ zu überprüfen. Für den Erfolg ist es wichtig, die Arbeitsaufträge zunächst eng, dann aber immer offener zu gestalten (Kap. 9.3) und schließlich den Schülerinnen und Schülern auch größere Projektarbeiten zuzutrauen.

Wie lösen sich Tabletten auf?

Ein Experiment für die 6.–9. Klasse

Das folgende Experiment stammt aus dem internationalen Experimentiertest der Third International Mathematics and Science Study, die bei 13-Jährigen durchgeführt wurde (Labudde & Stebler, 1999). Ein Vergleich mit dem vorherigen Beispiel «Was mischt sich mit Wasser?» (Kap. 9.4) zeigt: es geht beim Auflösen der Tabletten wie bei den Mischversuchen für die 2./3. Klasse um genaues Beobachten, jetzt aber auf der Basis eines quantitativen Experiments. Die Anforderungen hinsichtlich Planen, Messen, Abstrahieren und Auswerten sind deutlich höher. Beide Experimente lassen sich dem Kompetenzbereich «Erkenntnisgewinnung» (Kap. 1.4) bzw. dem Handlungsaspekt «Fragen und untersuchen» (Kap. 1.5) zuordnen. Inhaltlich gehören sie zum Themenbereich «Stoffe und Stoffveränderungen» (Kap. 1.4).



Ziel

Plane eine Untersuchung, um herauszufinden, welche Wirkungen unterschiedliche Temperaturen auf die Geschwindigkeit haben, mit der sich Tabletten auflösen.

Material

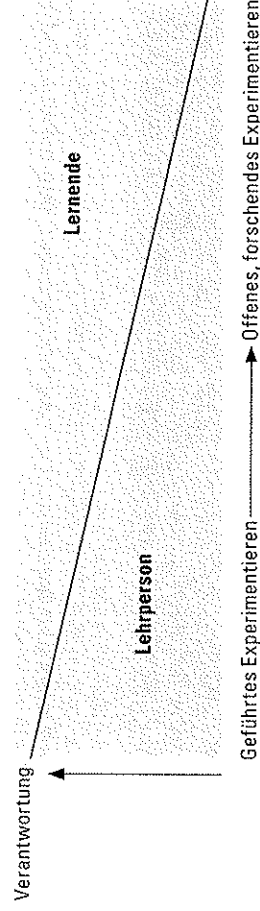
Wasser, Brausetabletten, Thermometer, Uhr mit Sekundenzeiger, Glasbecher.

Vorgehen

1. Schreibe deinen Plan hier auf [...]
2. Führe deine Tests mit den Tabletten durch. Zeichne eine Tabelle und schreibe alle deine Messungen auf.
3. Welche Wirkung haben aufgrund deiner Untersuchungen verschiedene Wassertemperaturen?
4. Warum haben unterschiedliche Temperaturen diese Wirkung?

9.5 Durch Experimentieren das Lernen fördern

Experimentieren und forschendes Lernen können Lernende zu Beginn leicht überfordern. Auch wenn ein Experimentierzyklus grundsätzlich gleich bleibt, wird die Lehrperson am Anfang die Frage stellen, den Prozess strukturieren und sich immer wieder vergewissern, ob die Instrumente und Arbeitstechniken bis hin zur Darstellung der Resultate beherrscht werden, ob das Experimentierdesign klar und der fachliche Kontext verstanden ist. Sie wird die selbstständige Beantwortung einer Frage, die Lösung eines Problems erst allmählich den Kindern überlassen. Auch ein Demonstrationsexperiment zum richtigen Zeitpunkt erfüllt eine wertvolle Funktion!



Aus den Resultaten fachdidaktischer Forschung lassen sich vielfältige Anregungen zum Beobachten und Experimentieren ableiten:

☛ **Motivation:** Grundsätzlich wirkt der aktive, handlungsorientierte Wissenserwerb, wie er sich beim Experimentieren und Forschen zeigt, positiv auf die Lernmotivation. Schülerinnen und Schüler sind besonders dann zum Experimentieren motiviert, wenn 1. das Experiment eine kognitive Herausforderung darstellt, 2. sich mit ihm ein klares Ziel verfolgen lässt, das immer wieder in Erinnerung gerufen wird, 3. das Experiment den Lernenden genügend Freiräume gibt, 4. das Experiment funktioniert und 5. die Ergebnisse diskutiert und in einen größeren Kontext gestellt werden.

☛ **Lernprozess:** Die Lernenden sind oft zwar sehr engagiert mit dem Aufbau von Versuchen, dem Messen und Auswerten, aber sie lernen dabei kaum naturwissenschaftliche Begriffe und Zusammenhänge. Es überwiegt der Aktivismus. Dem lässt sich begegnen: das Experiment für die Lernenden nachvollziehbar in den Unterrichts- und Lernprozess einbetten; vor, während und nach dem Experimentieren immer wieder im Team und in der Klasse Ideen und Argumente austauschen (Kap. 15), an das Vorwissen der Kinder anknüpfen (Kap. 4). Oder wie es so schön heißt: *More time spent on manipulating ideas, less time on manipulating apparatus!*

Beispiele für das Einüben des Experimentierverständnisses

- ☛ **Zum Verstehen von abhängiger und unabhängiger Variable:** Glasmurmeln von einer Rampe rollen lassen, die verschieden hoch gelagert wird. Erklären, welche Variable man verändert (Rampenhöhe, unabhängige Variable), welche sich in der Folge ändert (Rollweite der Kugel, abhängige Variable) und was konstant gehalten wird (gleiche Rampe, gleiche Kugel).
- ☛ **Zum Verstehen eines Kontrollansatzes:** Eine Flasche voll Wasser, die in den Tiefkühler gestellt wird, zerbricht über Nacht. Wie lässt sich herausfinden, ob es das Wasser ist, das die Flasche zum Zerbrechen bringt oder ob die Flasche einfach zu kalt wird? (Indem man eine leere und eine mit Wasser gefüllte Flasche in den Tiefkühler stellt).
- ☛ **Zum Formulieren von Hypothesen:** Formulierungen wie «wenn ..., dann» oder «je ..., desto ...» sind in dieser Phase wichtig und sollen auch begründet werden. Zur Frage, ob Licht das Wachstum von Pflanzen beeinflusst, z. B. «Wenn ich die Pflanze näher zum Fenster stelle, dann wächst sie besser» oder «Je länger meine Pflanze Licht bekommt, desto besser wächst sie».

Tipps zum Experimentieren

(z. T. adaptiert aus Kircher et al., 2009)

1. Jedes Experiment immer vorher selber durchführen und ausprobieren.
2. Vor der Unterrichtsstunde alles Material bereitlegen und kontrollieren.
3. Sicherheits- und ethische Richtlinien thematisieren, vorleben und strikt einhalten lassen.
4. Schnelle oder komplexe Abläufe mehrfach wiederholen (lassen) und jeweils verschiedene Beobachtungsschwerpunkte setzen.
5. Mit einer Tafelskizze wesentliche Komponenten des Versuchsaufbaus bzw. Versuchsaufbaus hervorheben.
6. Das Ziel des Experiments den Lernenden vor, während und nach der Durchführung immer wieder bewusst machen lassen.
7. Ausführlich und durchaus auch kontradiktorisch Vermutungen und Hypothesen formulieren und diskutieren lassen, damit den individuellen Bezug zum Experiment erhöhen und den Lernprozess stützen.
8. Tieferes Denken durch geschickte Fragen auslösen: Was kannst du beobachten? Was ist dir schon bekannt? Wie erklärst du, was du beobachtet hast? Was mag es bedeuten?
9. Die Kinder und Jugendlichen in «wissenschaftliche Streitgespräche» einbinden, miteinander sokratisch argumentieren (Kap. 15).
10. Den Prozess, d. h. den Weg der Erkenntnisgewinnung, und das Resultat spätestens am Ende mit den Schülerinnen und Schülern reflektieren.
11. Bei allem Beobachten, Experimentieren und Argumentieren nicht vergessen: Genügend Zeit für einen Hefteintrag vorsehen. Mit «Forscherheften» arbeiten, die den Prozess dokumentieren und Kinder mit Stolz erfüllen.
12. Bei kritischen Versuchen dies vorher ankündigen. Ein nicht funktionierendes Experiment mit Humor tragen.

9.6 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken

1. Suchen Sie je ein Beispiel für qualitative Experimente aus Physik, Chemie oder Biologie, bei denen die Frage so gestellt werden kann, dass die Antwort nach dem Experiment ja oder Nein ist.
2. Skizzieren Sie ein weiteres Beispiel aus dem Bereich Biologie oder Physik für Ihre Stufe, bei welchem Sie denken, dass die Schülerinnen und Schüler mit eigenen Fragen quantitative Experimente durchführen können. Formulieren Sie dazu einige mögliche Fragen, die sich experimentell beantworten/klären lassen.
3. Sie bei den Kindern bzw. Jugendlichen mit diesem Experiment? Welche Kompetenzen fördern Sie bei dieser Frage?» ist eine gängige Frage beim Unterrichts im Wald. Schätzungen greifen meist weit daneben. Über welches Vorwissen sollten Jugendliche der Sekundarstufe verfügen, wenn sie selber ein Experiment entwickeln sollten, mit dem sie die Höhe der Bäume möglichst genau bestimmen können? Welche Hilfestellung wird dabei nötig sein?
5. Inwieweit handelt es sich beim Experiment zum Puls in 9.3 um ein qualitatives bzw. quantitatives Experiment?
9. In Kapitel 6.3 wird die Frage untersucht »Was verändert deinen Puls?« Welche der in 6.3 für das 9. Schuljahr notierten Kompetenzen werden durch das Experiment gefördert?
7. Am Ende von 6.4 steht die Frage: »Wie lösen sich Tabletten auf?«. Welche der in 6.4 für die 9. Klasse formulierten Kompetenzen werden durch dieses Experiment gefördert bzw. getestet? Analysieren Sie dazu die Teilfragen 1–4 aus der Aufgabenstellung (Ende Kap. 6.4).
8. Formulieren Sie für das Experiment zu den Tabletten (Ende Kap. 6.4) die Hypothese. Notieren Sie die abhängige Variable und unabhängige Variable und erläutern Sie den Kontrollversuch.
6. Kapitel 6.9 enthält mehrere Tipps und Anregungen für die Praxis. Nennen Sie drei, welche Sie bisher vielleicht zu wenig berücksichtigt haben. Wie und wo könnten Sie sie besser umsetzen?

Übungen

1. Experimente zu den Keimungsbedingungen von Pflanzen (Sind zur Keimung von Bohnen Wasser, Licht, Wärme oder die Samenschale notwendig?), Löslichkeit von Stoffen in Wasser (Lösen sich Zucker, Mehl, Salz, Sägemehl ... in Wasser?), Anziehung von Gegenständen durch Magnete.
2. Mögliche Fragen: Wie verändert sich mein Schatten im Verlauf eines Tages, in den Jahreszeiten (ab 3. Klasse)? Was beeinflusst das Wachstum von Schimmel auf Brot (ab 4. Klasse)? Warum rostet ein Nagel, und was beeinflusst, wie schnell er rostet (Sek. I)? Wozu dient die Fettschicht bei Tieren (Sek. I)?
3. Mögliche Kompetenzen für die 2., 6. und 9. Klasse finden sich in 9.4.
4. Sie sollten um die Verwendung von Dreiecken im Alltagsgebrauch wissen und mit der Geometrie der Strahlensätze vertraut sein. Um überhaupt auf die Idee der Höhenmessung mithilfe eines rechtwinkligen, gleichschenkligen Dreiecks zu kommen, sollten solche im Materialpool vorhanden sein. Hilfreich ist eine Zeichnung, die auch noch die Augenhöhe der messenden Person in Betracht zieht. Genauere, auch weiterführende Angaben sind zu finden bei www.globewiss.ch oder www.globegermany.de (Landbedeckung).
5. Qualitativ ist es dann, wenn einfach eine Beschleunigung des Pulses gegenüber dem Ruhepuls festgestellt wird. Quantitativ wird es, wenn Pulswerte gemessen und verglichen und mit verschiedenen Bewegungsarten in Bezug gesetzt werden. Es werden u. a. gefördert: angeleitet zu vorgegebenen oder gemeinsam entwickelten Fragen und Hypothesen mit teils vorgegebenem Material Erkundungen und Untersuchungen planen und durchführen; Messungen durchführen; Datensammeln, ordnen und auswerten; dabei ansatzweise Regelmäßigkeiten erkennen und zu Fragen und Hypothesen Stellung nehmen.
7. Teilfragen 1–3: Wahrnehmen: Beobachten und Beschreiben eines Phänomens, Erkennen einer Problemstellung, Prüfen: Experimentieren, Auswerten, Beurteilen, kritisches Reflektieren von Hypothesen. Teilfrage 4: Beschreiben von Zusammenhängen, Abstrahieren, Transferieren.
8. Hypothese: Je heißer das Wasser, desto rascher löst sich die Tablette auf. Abhängige Variable: Zeit des Auflöses. Unabhängige Variable: Wassertemperatur. Kontrollversuch: Auflösungszeit bei Zimmertemperatur.
9. Eigene Antwort.

9.7 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium

Grundlagenartikel und Beispiele für alle Stufen

Handbücher zum Sachunterricht und zu naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken sowie Unterrichtsmaterialien zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen enthalten immer auch ein Kapitel zum Experimentieren. Grundlegendes findet sich z. B. bei:

- ☛ Duit, R., Gropengießer, H., Stäudel, L. (Hrsg.): *Naturwissenschaftliches Arbeiten – Unterricht und Material* 5–10. Seelze: Friedrich Verlag (Kap. 3).
- ☛ Hartinger, Andreas (2007). *Experimente und Versuche*. In: Reeken, Dietmar (2007): Handbuch Methoden im Sachunterricht. Hohengehren: Schneider Verlag, S. 68–75.
- ☛ Killermann, W., Hiering, P., Starosta, B. (2005). *Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik*. Donauwörth: Auer Verlag (Kap. 6).
- ☛ Mayer, Jürgen (Hrsg.) (2006). *Offenes Experimentieren (Themenheft)*. *Unterricht Biologie*, Nr. 317. Velber: Friedrich Verlag.

Inquiry Approach sowie Aufbau der Experimentierfähigkeit

Als Einstieg in den Inquiry Approach und die Stadien des Experimentierzyklus mit vielen verständlichen Beispielen und Übungsvarianten:

- ☛ Rezba, Richard J., Sprague, Constance R., McDonnough, Jacqueline T. & Matkins, Juanita J. (2007). *Learning and Assessing Science Process Skills. Fifth Edition*. Dubuque: Kendall/Hunt.
- ☛ Llewellyn, D. (2005). *Teaching High School Science Through Inquiry*. Thousand Oaks, Ca: Corwin Press.

Konkrete Experimentiervorschläge:

Viefältige Anregungen und thematische Beispiele zur Umsetzung des Experimentierzyklus finden sich unter anderem in folgenden Publikationen:

- ☛ Broll, Christine (2008). *Warum Blumen bunt sind und Wasserläufer nicht ertrinken*. Freiburg im Breisgau: Herder Verlag (Primarstufe).
- ☛ Kahlert, Joachim & Demuth, Reinhard (Hrsg.) (2007). *Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge*. Köln: Aulis Verlag (Primarstufe).
- ☛ *Phänomenal: Naturbegegnung. Energie – Materie*. Bern: Schulverlag blmv. www.blmv.ch (Klassenmaterial, ab 5. Klasse).

Peter Labudde
(Hg.)

Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.–9. Schuljahr

1. Auflage: 2010

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8252-3248-1

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright © 2010 by Haupt Bern

Jede Art der Vervielfältigung ohne Genehmigung des Verlages ist unzulässig.

Einbandgestaltung: Atelier Reichert, Stuttgart

Satz/Gestaltung Inhalt: René Tschirren, Bern

Printed in Germany

www.haupt.ch

Haupt Verlag
Bern · Stuttgart · Wien

UTB-Bestellnummer 978-3-8252-3248-1