

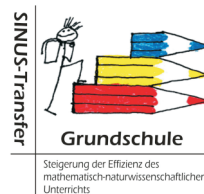
SINUS-Transfer Grundschule

NATURWISSENSCHAFTEN

Modul G2b: Erforschen, Entdecken und Erklären im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule

Silke Mikelskis-Seifert

Kiel, im Dezember 2004



Erforschen, Entdecken und Erklären im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule

Basismodul G 2 B

Silke Mikelskis-Seifert

Einführung

Der vorliegende Text liefert Ausführungen zum Modul G 2 „Entdecken, Erforschen, Erklären“ und beschreibt grundlegende Herangehensweisen an naturwissenschaftliche Phänomene, Fragen und Probleme aus dem Bereich des Sachunterrichts. Diese Modulbeschreibung stellt eine Reihe von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen vor, mit deren Hilfe Kinder im Grundschulalter sich die Welt erschließen, Sachverhalte einordnen und verstehen und Neues entdecken können.

Der erste Teil der Modulbeschreibung richtet sich an die Lehrkraft. Darin werden zunächst die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen als Kennzeichen der Naturwissenschaften vorgestellt. Daran anschließend wird im Abschnitt „Fachdidaktischer Hintergrund für ein Lernen von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen“ die Struktur methodenorientierter Ansätze vorgestellt, es werden Probleme beim Experimentieren und Modellieren im Schulalltag thematisiert und abschließend wird eine Konzeption für das Lernen naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen vorgestellt.

Der zweite Teil der Modulbeschreibung besteht aus der praxisbezogenen Umsetzung dieser Konzeption und bietet eine Einführung in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in Form eines Unterrichtsganges. Er richtet sich an Schülerinnen und Schüler und führt in verschiedene Arbeitsweisen aus der Erfahrungs- bzw. Modellwelt ein. Zahlreiche Beispielaufgaben und Arbeitsaufträge laden zur Anwendung ein. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Inhalte des Unterrichtsganges.

	Denk- und Arbeitsweisen	Beispiel/Auftrag
Erfahrungswelt – die wahrnehmbare Welt	Beobachten – das Wahrnehmen mit Sinnesorganen	Geräusche hören, Dinge sehen, Temperatur fühlen, Düfte riechen
	Beschreiben – das Wiedergeben von Beobachtungsergebnissen	Anfertigen eines Bildes/Skizze, Beobachtungsergebnisse in Worten formulieren
	Vergleichen und Ordnen	Vergleichen und Ordnen nach Größen aus dem Alltag
	Messen	Messen von Temperaturen, Längen und Zeiten
	Nachdenken über das Vorgegangene (Reflexion)	
Modellwelt – die geschaffene Welt	Vereinfachen und Auswählen	Gegenständliche Modelle als Vereinfachung des Originals
	Vermuten	Denkmodelle mithilfe von Vermutungen konstruieren
	Vermuten, Beobachten und anschließend Erklären	Denkmodell „kleine Teilchen“ zur Erklärung von Phänomenen
	Arbeiten wie ein Wissenschaftler - Experimentieren	Durch Experimentieren Erkenntnisse gewinnen
	Nachdenken über das Vorgegangene (Reflexion)	

Kennzeichen der Naturwissenschaften

Die Beantwortung der Frage: „Was kennzeichnet die Naturwissenschaften“ führt meistens zu der Feststellung, dass zwei Merkmale kennzeichnend sind. Dies sind einerseits die grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepte, die für die drei Fächer – Physik, Chemie und Biologie – gelten. Andererseits sind hier die Methoden, auch Arbeitsweisen genannt, anzuführen. Beide Merkmale, jedoch mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung, spielen in den naturwissenschaftlichen Modulen von SINUS-Transfer Grundschule eine große Rolle. So beschäftigt sich das Modul G 3 mit den Konzepten. Das Modul G 2 „Entdecken, Erforschen, Erklären“ befasst sich mit den für

die Naturwissenschaften typischen Arbeitsweisen. Zum Beispiel stellt das Beobachten eine für alle Naturwissenschaften grundlegende Methode dar, mit deren Beherrschung sich die Kompetenz des wissenschaftlichen Forschers erweist. Diese Methode steht nicht isoliert, sondern ist mit anderen verbunden. Auch gibt es einen folgerichtigen Aufbau, eine Hierarchie, die vom Einfachen (Beobachten) zum Komplexen (Experimentieren) fortschreitet. Ferner ist es sinnvoll und notwendig, die naturwissenschaftlichen Methoden in eine enge Verbindung mit den grundlegenden Konzepten zu stellen, obwohl innerhalb des BLK-Programms SINUS-Transfer Grundschule beide Merkmale getrennt in zwei Modulen behandelt werden. Nichtsdestotrotz bleibt die gemeinsame Betrachtung von Konzepten und Methoden zwingend und verkörpert damit eine ständige Herausforderung.

Naturgemäß ist Art und Umfang der Kompetenzen, die durch Unterricht entwickelt werden können und sollen, unmittelbar von der Alterstufe sowie dem Vorwissen der Lernenden abhängig. Dies gilt nicht so sehr für die Anzahl der betrachteten Methoden und Arbeitsweisen. Wie im Folgenden dargestellt wird, können die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in ihrer gesamten Breite in der Grundschule einen angemessenen Platz finden. Wichtig hierbei ist das Niveau der Behandlung, welches der Altersstufe angepasst sein sollte.

In der ersten Phase einer systematischen Befassung mit naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht der Grundschule sind Grundlagen in den Arbeitsweisen zu legen. Darauf aufbauend können im nachfolgenden Unterricht erste Kompetenzen hinsichtlich eines angemessenen naturwissenschaftlichen Denkens entwickelt werden. Im Sinne eines kumulativen Wissenserwerbs findet dann eine Weiterentwicklung der Kompetenzen statt mit dem Ziel, dass diese in vielfältigen Situationen von den Schülerinnen und Schülern angewendet werden können. Vor einem solchen Hintergrund sind die im Folgenden dargestellten Überlegungen zu sehen. Des Weiteren wird diskutiert, wie der Sachunterricht zur Entwicklung angemessener naturwissenschaftlicher Denkweisen einen Beitrag leisten kann.

Wann immer man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangen will, sind die nachfolgend beschriebenen Methoden und Arbeitsweisen grundlegend:

- das Beobachten, Beschreiben und Messen;

- das Planen und Auswerten von Experimenten;
- das Aufstellen, Prüfen und Revidieren von Modellen sowie
- das naturwissenschaftliche Diskutieren, Argumentieren und Problemlösen.

Die typische Methode als Standardmethode zur Erkenntnisgewinnung gibt es nicht. Dennoch können die Experimente zusammen mit den theoretischen Beschreibungen in Form von Modellen als Säulen der Erkenntnisgewinnung angesehen werden. Vielmehr lässt sich sowohl die Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften als auch das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten als ein Wechselspiel beschreiben, in dem die Auseinandersetzung mit Phänomenen und deren theoretischer Beschreibung erfolgt. Dabei spielen die zuvor aufgeführten Arbeitsweisen eine wichtige Rolle.

Fachdidaktischer Hintergrund für ein Lernen von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen

Methodenorientierte Ansätze gewinnen an Bedeutung

In der fachdidaktischen Literatur finden sich seit Jahrzehnten vielfältige Ansätze, um das Lernen der Arbeitsweisen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbessern. Hierbei sei insbesondere der Ansatz von „Science – A Process Approach“ – einem aus dem amerikanischen Raum stammenden Programm – zu nennen. In diesem Programm stehen die naturwissenschaftlichen Methoden im Mittelpunkt. Demzufolge strukturiert sich der Unterrichtsverlauf an Verfahren und Prozessen. Den Kern bilden 13 grundlegende Methoden. Nach den Vorgaben eines hierarchisch gegliederten Verlaufsplans bauen diese Methoden von Anfang an aufeinander auf (zum Beispiel: Beobachten → Gebrauch von Raum-Zeit-Beziehungen → Gebrauch von Zahlen → Messen → Klassifizieren → Kommunizieren → Voraussagen treffen → Schlussfolgerungen ziehen). Derartige Ansätze, bei denen die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen einen Schwerpunkt des Unterrichts darstellen, haben in der derzeitigen Diskussion um Bildungsstandards und die zu entwickelnden Kompetenzen wieder an Aufmerksamkeit gewonnen.

Wie schon eingangs erläutert, ist es jedoch unabdingbar, die methodenorientierten Konzeptionen mit den konzeptorientierten Ansätzen in Verbindung zu bringen. Denn

die Schülerinnen und Schüler brauchen sowohl methodische Fertigkeiten als auch Kenntnisse von naturwissenschaftlichen Grundkonzepten. Versteht man das Konstruieren und Anwenden von Modellen als Basis für die theoretische Beschreibung von Phänomenen (auf der Ebene der Grundkonzepte), dann kann eine solche Verschränkung des Methodischen mit dem Konzeptuellen durch ein systematisches Lernen von Experimentieren und Modellieren realisiert werden.

Probleme beim Experimentieren und Modellieren im Schulalltag

Fasst man die Ergebnisse der Untersuchungen zum Unterrichten von Modellen zusammen, ist die Schlussfolgerung eindeutig. Ein Lernen mit Modellen muss über die Schuljahre hinweg kontinuierlich und systematisch erfolgen. Um erfolgreich zu sein, ist die Verknüpfung des Arbeitens und Lernens mit Modellen in den drei naturwissenschaftlichen Fächern – Physik, Chemie und Biologie – ebenfalls zwingend erforderlich. Für den Sachunterricht bedeutet es, das Arbeiten mit Modellen anhand von vielfältigen physikalischen, chemischen und biologischen Themen zu üben.

Ergebnisse von Studien über den Modellbegriff der Schülerinnen und Schüler weisen auf gravierende Verständnisprobleme hin. So verbinden Schülerinnen und Schüler vor dem Unterricht mit dem Begriff „Modell“ vor allem gegenständliche Modelle. Selbst nach einer Behandlung typischer Modelle in der Sekundarstufe I – beispielsweise der Teilchen- und Atommodelle aus der Chemie oder Physik – verändert sich diese Vorstellung zum Modellbegriff nur bei einer geringen Zahl von Schülern. Allein dieser Befund macht deutlich, dass der Modellaspekt im naturwissenschaftlichen Unterricht ausführlich thematisiert werden muss, um zugänglich zu sein. Ferner dominieren nicht selten Fehlvorstellungen die Schülervorstellungen zur Modellproblematik. In der Regel werden durch die Lernenden die Modell- sowie Realitätsebene eines Sachverhaltes in unangemessener Weise vermengt. Ein verwirrendes Modell-Realitäts-Gemisch, bei dem zwischen Modellhaftem und Realem nicht mehr unterschieden wird, kann in den Schülerargumentationen beobachtet werden. Ein typisches Beispiel hierfür ist das Übertragen von aus der Lebenswelt stammenden Denkweisen in die modellierten Bereiche. So haben aus Sicht der Schülerinnen und Schüler die kleinsten Teilchen dieselbe Farbe oder die Temperatur des Körpers, den sie bilden. Dieses Übertragen von unangemessenen Denkweisen stellt ein zentrales Problem beispielsweise für die

Modellierung chemischer wie physikalischer Sachverhalte dar. Die hier kurz skizzierten Lernschwierigkeiten lassen den Schluss zu, dass ohne die Fähigkeit eines Denkens in Modellen das Betreiben von Naturwissenschaft auf einem etwas anspruchsvolleren Niveau (das am Ende der Sekundarstufe I zu gewährleisten ist) nicht möglich ist. Da Modelle auch im Sachunterricht eine Rolle spielen, sollte man sich dieser Thematik schon hier ausführlicher annehmen.

Gleiches gilt für das Experimentieren. Denn neben der Bedeutung des Experimentierens im Schulalltag sind Lernschwierigkeiten und Defizite häufig. Zum Beispiel kann ein Experiment nur durchgeführt werden, wenn zuvor spezifische theoriebasierte Hypothesen aufgestellt werden. Des Weiteren werden die Beobachtungen bei einem Experiment vom theoretischen Rahmen mitbestimmt, da nur mit diesem die Beobachtungsergebnisse sinnvoll interpretiert werden können. In diesem Sinne ist für ein Experiment in den Naturwissenschaften folgendes kennzeichnend:

- Eine naturwissenschaftliche Hypothese ist eine Vermutung, die auf Vorwissen beruht. Weil sie durch ein Experiment geprüft (getestet) werden kann, spricht man auch von „wissenschaftlicher“ Vermutung.
- Bei einem Experiment werden von einem Experimentator in einer Versuchsanordnung bewusst festgelegte oder ausgewählte Bedingungen (Variablen) verändert, kontrolliert und wiederholt beobachtet.
- Ein Experiment ist ein Bindeglied zwischen der Wirklichkeit und der Modellwelt.

Nun interpretieren Schülerinnen und Schüler in aller Regel ein Experiment anders als es aus der naturwissenschaftlichen Sicht der Lehrkraft zu erwarten ist. Auch beobachten sie nicht selten etwas anderes als es die Lehrerin oder der Lehrer plant. Ursache hierfür ist einerseits, dass den Schülern der theoretische Rahmen, in dem das Experiment stattfindet, nicht bewusst bzw. verfügbar ist. Andererseits dominiert ein recht eng auf ein bestimmtes Ziel fixiertes Experimentieren unseren naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I. Demzufolge bieten sich den Schülerinnen und Schülern im Schulalltag nur wenige Möglichkeiten, eigenständig und vor allem kreativ zu experimentieren und damit verbunden ein solches Vorgehen zu erlernen. Wann und wie oft dürfen und können Schüler eigenständig Problemstellungen formulieren, die sie anschließend mit selbst erdachten Experimenten erforschen und lösen?

Ferner wird den Lernenden mit dem eng geführten Experimentieren zugleich auch ein sehr enges Bild in den Naturwissenschaften als wissenschaftliche Disziplin vermittelt. Nicht selten trifft man ein induktives Vorgehen an, bei dem häufig aus den Ergebnissen eines einzelnen Experimentes weitere Schlüsse gezogen werden. Durch einen solchen unbedachten Umgang mit dem Experimentieren im Unterricht werden die Schülerinnen und Schüler gar dazu verführt, ein naives Bild von den Naturwissenschaften aufzubauen. Dies äußert sich darin, dass Lernende in den weiterführenden Schulen zum Beispiel vom naturwissenschaftlichen Unterricht absolute Wahrheiten erwarten. Mit Hilfe eines Experimentes kann man – so aus der Sicht der Schüler – die an die Natur gestellten Fragen beantworten.

Schlussfolgerungen aus den Lernschwierigkeiten: Traditioneller Unterricht in den Naturwissenschaften kann Fehlvorstellungen nicht verhindern. Vielmehr trägt der Unterricht sogar zur Entstehung von unangemessenen Vorstellungen über naturwissenschaftliche Konzepte bei. Hinzukommt, dass sich die bei den Schülerinnen und Schülern einmal erworbenen Denkweisen als relativ stabil erweisen. Das hat zum Beispiel zur Folge, dass die durch den Unterricht verstärkten naiven Sichtweisen der Lernenden nur mit großer Anstrengung in Richtung eines angemessenen Denkens verändert werden können. Deshalb erscheint ein Erlernen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen bereits im Sachunterricht der Grundschule notwendig zu sein. Das zentrale Ziel hierbei soll sein, dass bei den Schülerinnen und Schülern angemessene naturwissenschaftliche Denkweisen angebahnt werden, auf die im nachfolgenden Unterricht aufgebaut werden soll. Dabei ist anzumerken, dass die Komplexität und Vielschichtigkeit der Begriffe „Experiment“ und „Modell“, wie sie im naturwissenschaftlichen Unterricht höherer Jahrgangsstufen vorzufinden sind, natürlich den Grundschulkindern nicht vermittelbar sind. Jedoch erscheint es sinnvoll, so früh wie möglich erste und erweiterungsfähige Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Experimentieren und Modellieren aufzubauen.

Die Konzeption eines Lernens naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

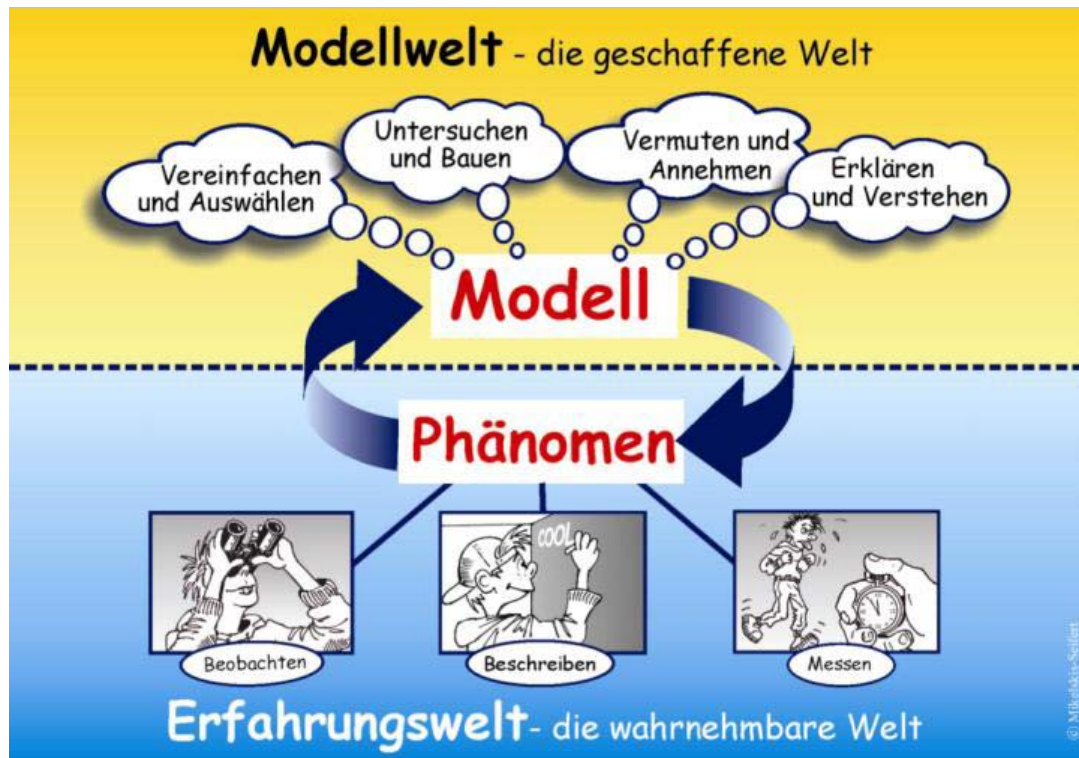
Zusammengefasst kann Folgendes festgehalten werden: Es ist von zentraler Bedeutung, bereits im Sachunterricht der Grundschule methodische Grundfertigkeiten anzulegen sowie in die naturwissenschaftliche Denkweisen einzuführen. Dabei ist es sinnvoll,

zwischen den Tätigkeiten, die in einer erfahrbaren Welt stattfinden und den Tätigkeiten, die in einer bewusst geschaffenen, einer modellierten Welt anzusiedeln sind, zu unterscheiden.

Das Beobachten, das Beschreiben, das Messen und ebenso das Ordnen beziehen sich auf (naturwissenschaftliche) Phänomene. Sie finden in der erfahrbaren Welt statt. Diese Welt ist uns zugänglich und wird als Erfahrungswelt bezeichnet. Hierbei ist zu erwähnen, dass bewusst das Phänomen und nicht das Experiment im Mittelpunkt der Erfahrungswelt steht. Denn das Experiment verkörpert, wie schon erörtert, in seiner Komplexität die höchste Stufe des naturwissenschaftlichen Denkens.

Stehen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht die subjektiven Eindrücke und Erfahrungen im Zentrum des Unterrichts, so führt das Streben nach Intersubjektivität, nach Isolierbarkeit und nach Quantitäten dann schrittweise vom betrachteten Phänomen weg und hin zum reduzierten Experiment. Bei einem solchen Vorgehen spielen wiederum die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen wie das Beobachten, das Beschreiben und das Messen eine dominierende Rolle. Das Beobachten erfolgt jedoch nicht beliebig, sondern zielgerichtet, mit der Absicht, durch die Beobachtung etwas bisher nicht Bekanntes zu entdecken. Man kann daher davon sprechen, dass die Untersuchungen in einem bestimmten „theoretischen Rahmen“ stattfinden. Dies deuten die Pfeile vom Phänomen zum Modell und umgekehrt an.

Die das Modell betreffende Welt ist die geschaffene Welt, die dazu dient Phänomene zu erklären, relevante Zusammenhänge zu verstehen oder auch Dinge zu vereinfachen bzw. zu veranschaulichen. In dieser Modellwelt sind Tätigkeiten wie das Vereinfachen und Auswählen (im Sinne des Reduzierens, Isolierens), das Untersuchen und Bauen (beispielsweise von gegenständlichen Modellen), das Vermuten und Annehmen (zum Beispiel von kleinen Teilchen) und das Erklären und Verstehen von zentraler Bedeutung. Um die Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, über die beiden Welten und über ihr Vorgehen nachzudenken, bietet sich das Poster in der nachfolgenden Abbildung an.



Die nachfolgenden Überlegungen sollen illustrieren, wie eine Einführung in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in Form eines Unterrichtsganges realisiert werden kann. Dabei fiel die Wahl auf eine Darstellungsart, die an Schülerinnen und Schüler orientiert ist. Auch werden Arbeitsaufträge und Aufgaben beschrieben, die im Unterricht Eingang finden sollen. Das heißt, die kommenden Seiten können als Lehrgang für Schülerinnen und Schüler verwendet werden.

Vom Beobachten zum Messen – Untersuchungen in der Erfahrungswelt

Beobachten



Auftrag 1: Setze dich irgendwo bequem hin. Schließe dann deine Augen, um vom Hören nicht abgelenkt zu sein. Nun tu nichts anderes als Zuhören und lass dir dabei ruhig Zeit.

Wenn du lange und geduldig zuhörst, wirst du immer mehr Geräusche wahrnehmen. So wirst du auch Geräusche bemerken, auf die du sonst vielleicht nie geachtet hättest: das Gezwitscher der

Vögel, das Hupen eines Autos, das Zerknüllen von Papier, die Schritte einer sich nähernden Person oder sogar deinen Atem.

Unsere Welt ist voll von vielen verschiedenen Geräuschen, du musst nur genau hinhören!

Auftrag 2: Öffne jetzt wieder deine Augen, halte jedoch nun deine Ohren fest zu. Nimm dir wieder Zeit und beobachte, was um dich herum geschieht. Dabei wird dir auffallen, wie leer die Welt ohne die uns umgebenden Geräusche erscheint. Mit den Augen nehmen wir vermeintlich viel mehr wahr als mit den Ohren. Der Mensch erhält den überwiegenden Teil seiner Informationen über die Wahrnehmung mit den Augen.

Auftrag 3: Neben dem Hören und Sehen gibt es noch weitere Möglichkeiten, die Welt wahrzunehmen. Wollen wir zum Beispiel wissen, wie sich die Wärme in der Nähe einer brennenden Kerze ausbreitet, dann benutzen wir dazu unsere Hände. Vorsichtig werden wir uns langsam aus verschiedenen

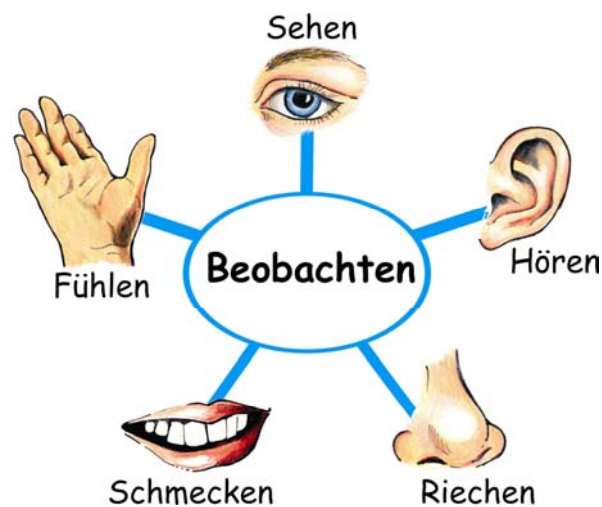


Richtungen mit unseren Händen der Kerzenflamme nähern. Je näher wir dabei der Flamme kommen, umso wärmer wird es an unseren Händen. Vor allem oberhalb der Kerzenflamme können wir die Wärme besonders gut spüren.

Diese kleinen Versuche sollen dir zeigen, dass all unsere Sinnesorgane uns helfen, Dinge wahrzunehmen. Wir benutzen das Auge zum Sehen, das Ohr zum Hören, die Nase zum Riechen, den Mund zum Schmecken und die Hand zum Fühlen. Willst du jedoch mehr über eine Erscheinung, in den Naturwissenschaften auch als Phänomen bezeichnet, herausfinden, dann musst du zunächst genau **beobachten**. Das heißt, du musst die Vielfalt eines Phänomens mit Hilfe der Sinnesorgane wahrnehmen.

In den Naturwissenschaften, wie der Biologie, der Physik und der Chemie, gehört das Beobachten zu den wichtigen grundlegenden Arbeitsweisen.

Unter Beobachten versteht man das Wahrnehmen von naturwissenschaftlichen Phänomenen mit Hilfe der Sinnesorgane.



Beispiele für Beobachtungen in den Naturwissenschaften sind:

- das Hören von Tönen, Klängen und auch Geräuschen,
- das Fühlen von warm und kalt,
- das Riechen von Düften und Kräutern,
- das Sehen von Farben und Ereignissen,
- das Schmecken von süß, sauer und bitter.

Beschreiben

Neben dem genauen Beobachten der Natur ist es auch wichtig, sich mit Anderen darüber auszutauschen. Deshalb ist es notwendig, die Beobachtungsergebnisse zu **beschreiben**.



Du kennst sicherlich eine Duftlampe, wie sie im folgenden Bild zu sehen ist. Der untere Teil ist mit einer Kerze versehen. Über dieser Kerze befindet sich eine Schale mit Wasser. Je nach Wunsch wird dem Wasser ein bestimmtes Öl – zum Beispiel Eukalyptusöl oder Rosmarinöl – zugegeben.

Zünde nun die Kerze an und beobachte eine Weile! Benutze dazu verschiedene Sinnesorgane!

Das Wahrnehmen mit den Händen hast du bereits in Auftrag 3 durchgeführt. Dabei bist du wahrscheinlich zu folgendem Ergebnis gekommen:



Eine Möglichkeit, die Ergebnisse deiner Beobachtungen beschreiben zu können, ist das Anfertigen eines Bildes oder einer Skizze. Wichtig ist dabei, die wesentlichen Beobachtungsergebnisse festzuhalten. Eine andere Möglichkeit wäre das Formulieren deiner Beobachtungsergebnisse in Worten. Dies kann entweder schriftlich oder mündlich erfolgen.

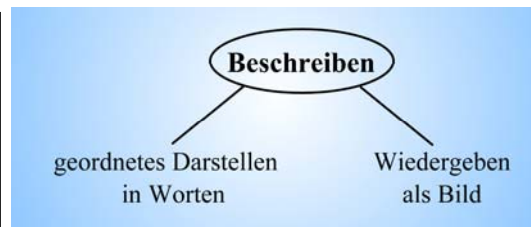
Zurück zu unserer Duftlampe. Bis jetzt haben wir die Wärmeausbreitung der brennenden Kerze mit Hilfe einer Skizze beschrieben. Es ist aber noch mehr wahrzunehmen. Beim genaueren Beobachten der Flüssigkeit in der Schale wirst du nach einiger Zeit erkennen können, wie Bläschen



aufsteigen. Kurz danach wirst du Düfte riechen, wenn Öl dem Wasser zugegeben wurde. Dies macht man sich auch zu Nutze, um einen Raum mit dem erwünschten Duft von entspannend wirkenden Ölen zu versehen.

Tausche dich doch mit einem Freund über deine und seine Beobachtungen aus. Beobachtet er etwas anderes als du?

Unter **Beschreiben** versteht man das geordnete Wiedergeben der Beobachtungsergebnisse. Dies kann in Form von Worten oder Bildern erfolgen.



Wenn wir Fragen aus der Sicht der Naturwissenschaften nachgehen, dann **beobachten** und **beschreiben** wir Erscheinungen, Körper oder Vorgänge – die Phänomene. Das Beobachten und das Beschreiben gehört zu den wichtigen Arbeitsweisen, die eine Wissenschaftlerin oder ein Wissenschaftler verwendet, um zu Erkenntnissen zu gelangen.

Von besonderer Bedeutung ist hierbei jedoch die **Ziel-** und **Fragestellung**, unter der beobachtet wird. Du hast vielleicht schon erlebt, wie du ein und dieselbe Situation unterschiedlich wahrnimmst.



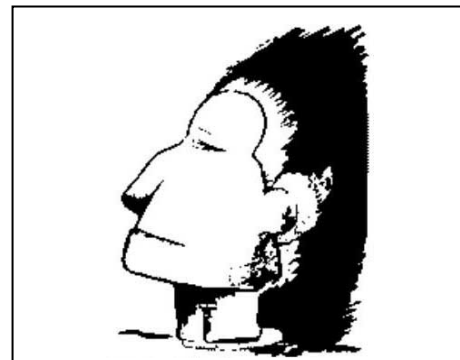
Betrachte zum Beispiel das nebenstehende Bild. Was nimmst du wahr? Ist es eine junge Frau oder vielleicht ein Saxophonspieler?

Du siehst ein und dasselbe Bild und trotzdem gelingt es dir, dich auf die junge Frau zu konzentrieren und nimmst sie wahr. Willst du nun den Saxophonspieler sehen, gelingt es dir auch.

Das heißt, je nach Zielstellung kommst du zu einem anderen Beobachtungsergebnis. Solche Bilder, die verschiedene Beobachtungsergebnisse zulassen, nennt man auch optische Täuschungen.

Noch einmal zusammengefasst: Die Betrachtung der beiden Bilder unter verschiedenen Fragestellungen mit den unterschiedlichen Beobachtungsergebnissen soll dir verdeutlichen, wie wichtig eben die Frage- bzw. die Zielstellung ist.

Was kannst du im nebenstehenden Bild erkennen?



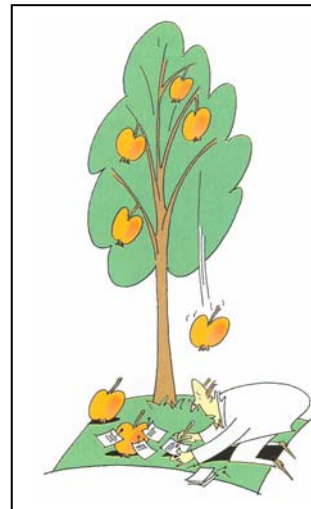
Beim Anschauen dieses Bildes,
was nimmst du als erstes wahr -
Indianer oder Eskimo?

Die Fragestellungen spielen auch beim Beobachten in den Naturwissenschaften eine große Rolle. Wenn wir Phänomene zum Beispiel aus der Natur beobachten, können wir es unter verschiedenen Fragestellungen tun. Das hat zur Folge, dass wir zu anderen Beschreibungen ein und desselben Phänomens kommen können.

Auch ist die Fragestellung so wichtig, damit wir die wesentlichen beobachteten Dinge von den unwesentlichen unterscheiden können. Du hast sicherlich schon des Öfteren gesehen, wie Gegenstände zu Boden fallen. Setze dir das Ziel, das Fallen zum Beispiel eines Apfels näher beschreiben zu wollen. Wie du aus deiner täglichen Erfahrung bestimmt weißt, hat die Farbe oder der Geschmack des Apfels dabei keinen Einfluss auf dessen Fallen. Deshalb lässt man diese Eigenschaften außer Acht. Man konzentriert sich auf in diesem Zusammenhang wesentliche Eigenschaften, beispielsweise wie lang es gedauert hat, bis der Apfel den Boden erreicht.

Was macht also ein Wissenschaftler, wenn Phänomene zu beschreiben sind? Er wendet sich bewusst und konzentriert einem bestimmten Gegenstand oder einem bestimmten Vorgang zu. Dabei schränkt er seine Beobachtung auf gewisse Aspekte ein. Diese Aspekte wählt er je nach den Fragen und Zielen seiner Beobachtung aus. Das heißt, er beschränkt sich auf Schwerpunkte, die für ihn sowie für die Erkenntnis relevant sind.

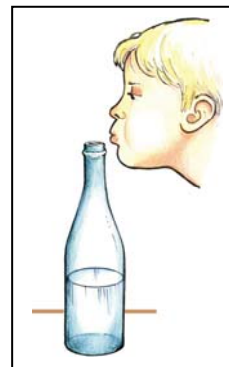
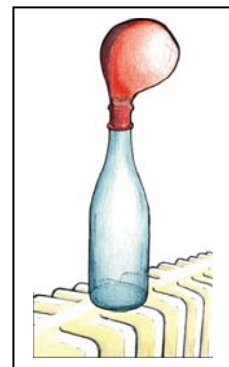
Was würde geschehen, wenn eine Wissenschaftlerin oder ein Wissenschaftler immer alles, was beobachtet wird, auf einen Zettel notiert? Es würde nicht lange dauern, dann würde sie oder er in der Fülle von Beobachtungsergebnissen nicht mehr durchsehen. Damit besteht die Gefahr, dass das für die Erkenntnis Wesentliche verloren gehen kann. Dementsprechend hilft dir wie auch der Wissenschaftlerin bzw. dem Wissenschaftler eine konkrete Fragestellung dabei, das wahrzunehmen und anschließend zu beschreiben, auf das es ankommt.



Zusammenfassend können wir nun festhalten: In den Naturwissenschaften werden vielfältige Phänomene stets unter bestimmten Fragestellungen beobachtet und anschließend beschrieben. Das heißt, Beobachtungen sind stets **zielgerichtet**.

Aufgaben

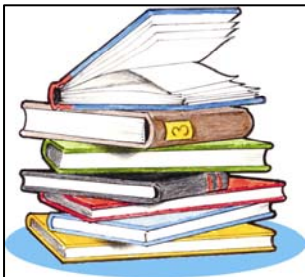
1. Fülle einen Wasserkocher mit 0,5 Liter kaltem Wasser und stelle diesen an. Notiere möglichst genau, was vom Einschalten bis zum Ausschalten des Kochers zu beobachten (zu hören) ist!
2. Ziehe über eine leere Flasche einen Luftballon. Stelle die Flasche zuerst auf eine Heizung und danach in den Kühlschrank. Was beobachtest du? Notiere deine Beobachtungen.
3. Fülle eine Flasche halbvoll mit Wasser und blase schwach und anschließend kräftig über die Öffnung. Wiederhole es mit einer anderen Flüssigkeitsmenge. Notiere in Form einer Tabelle, was du jeweils hören kannst!
4. Stell dir vor, du bist Meteorologe und sollst Auskunft über das Wetter geben. Das heißt, du musst das Wetter über mehrere Tage unter verschiedenen Fragestellungen beobachten.



- a) Beobachte über zwei Tage hinweg, ob und wie lang die Sonne scheint! Notiere deine Ergebnisse!

- b) Beobachte über sieben Tage hinweg, ob Niederschlag fällt!
- c) Überlege dir eine weitere Fragestellung, unter der du das Wetter über eine Woche hinweg beobachten kannst!

Vergleichen und Ordnen



Du bist sicherlich schon einmal in einer Bibliothek gewesen. Vielleicht besitzen auch deine Eltern viele Bücher, die sie in einem entsprechenden Regal aufbewahren. Nach welchem System werden eigentlich Bücher geordnet? Ohne eine sinnvolle Ordnung würde man sich ja nicht zu Recht finden.

In der Regel, so auch in den Bibliotheken, sind es die Sachgebiete bzw. Themen, die eine Ordnung der Bücher in bestimmte Klassen vorgeben. Es gibt aber auch Menschen, die ihre Bücher nach Farben ordnen, andere nach der Größe.

Fallen dir weitere Möglichkeiten ein, wie man Bücher noch ordnen kann?

In den Naturwissenschaften werden ebenfalls Erscheinungen nach bestimmten Eigenschaften geordnet. Natürlich gibt es eine Vielzahl von Merkmalen, nach denen wir Gegenstände oder auch Vorgänge **ordnen** können, wie beispielsweise nach der Farbe, nach der Form, nach der Größe, nach der Masse, nach der Dauer, etc. Was tun wir, wenn wir Dinge ordnen? Wir vergleichen sie hinsichtlich des ausgewählten Merkmals.

Größen aus dem Alltag

Aus dem Mathematikunterricht sind dir vielleicht schon einige dieser Merkmale als Größen bekannt. Auch in den Naturwissenschaften werden Größen verwendet. Mit Hilfe dieser Größen kannst du Erscheinungen, Gegenstände oder Vorgänge miteinander vergleichen und sie entsprechend ordnen.

Beispiele für Größen, die in den Naturwissenschaften verwendet werden, sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Größe in den Naturwissenschaften	Einheit	Beispiele für Messgeräte
Zeit	Sekunde (s)	Uhr
Länge	Meter (m)	Lineal, Bandmaß
Volumen	Kubikmeter (m ³)	Messzylinder
Masse	Kilogramm (kg)	Waage
Temperatur	Grad Celsius (°C)	Thermometer

Auftrag 3: Nimm fünf verschiedene Kartoffeln und ordne diese danach

- wie schwer sie sind (Masse) und
- wie groß sie sind (Volumen).

Benutze dazu keine Hilfsmittel, sondern schätze ab!

Du wirst feststellen, dass das Ordnen nach dem Volumen dir sicherlich leichter fällt. Schwieriger kann es beim Ordnen der Kartoffeln nach der Masse sein. Wie kannst du prüfen, ob die Reihenfolge der Kartoffeln hinsichtlich der Masse stimmt? Allein das Abwiegen mit deinen Händen reicht nicht aus. Du benötigst also Hilfsmittel. Zum Beispiel mit einer Waage gelingt es dir, die Richtigkeit deiner Reihenfolge zu überprüfen. Das heißt, du musst **messen**. Was versteht man jedoch in den Naturwissenschaften unter dem Messen?

Messen

Bevor wir das Messen von Größen allgemein betrachten, schauen wir uns Beispiele an, bei denen du im Alltag schon gemessen hast.

Das Messen von Temperaturen

Morgens beim Aufstehen und einem Blick aus dem Fenster kennt jeder Fragen wie: Was ziehe ich heute an? Reicht noch das T-Shirt oder benötige ich den Pullover? Ist es so kalt, dass ich eine



dicke Jacke bzw. sogar Mütze und Handschuhe brauche? Da im Wetterbericht die Voraussage von Temperaturen eine große Rolle spielt, achten viele Menschen täglich auf diesen Wetterbericht. So hilft er uns zum Beispiel bei der Entscheidung, was und wie viel wir anziehen sollen.

Jedoch kommen Temperaturen nicht nur im Wetterbericht vor, sondern überall in unserem Leben findest du Temperaturangaben (Temperaturen beim Kochen und Backen, Wassertemperaturen in Schwimmbädern, Temperaturen in Kühl- und Gefrierschränken, Reifentemperaturen beim Rennfahren, Temperaturen beim Herstellen von Stahl, usw.).

Dabei wird die Temperatur wie folgt verstanden: Die Temperatur gibt an, wie heiß oder wie kalt ein Körper ist. Die Temperatur wird in Grad Celsius (abgekürzt: °C) angegeben.

Hast du schon gewusst, dass jeder Mensch mit seiner Haut Temperaturen insbesondere Temperaturunterschiede empfindet? Denke nur an deine Untersuchungen der Wärmeausbreitung einer brennenden Kerze mit den Händen. Die Haut verfügt über verschiedene Sinneszellen. Zu diesen gehören sowohl Wärmekörperchen als auch Kältekörperchen.

Auftrag 1: Ordne die verschiedenen Gegenstände aus deiner Umgebung (aus einem Zimmer) – wie zum Beispiel Löffel, Plastiklineal, Blatt Papier, Glas, Holzkugel – danach, wie warm und kalt sie erscheinen. Verwende nur deine Hände (die Handrücken eignen sich hierzu besonders gut). Du wirst feststellen, dass der Löffel und das Glas kälter empfunden werden als die Holzkugel bzw. das Plastiklineal. Diese wirken jedoch kälter als das Blatt Papier. Dementsprechend bist du nun in der Lage, allein durch dein Temperaturempfinden, Gegenstände in Klassen von warm bis kalt einzuschätzen – zu ordnen.

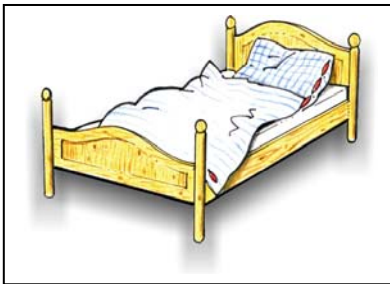
Auftrag 2: Nimm nun einen Thermomessfühler und bestimme die Temperatur vom Löffel, Plastiklineal, Blatt Papier, Glas, Holzkugel. Was stellst du fest?



Alle fünf Gegenstände besitzen die gleiche Temperatur, obwohl du mit deinen Händen Temperaturunterschiede wahrgenommen hast. Deine Sinnesorgane haben dich also getäuscht. Denn alle Gegenstände, die sich eine längere Zeit in demselben Zimmer befinden, haben dieselbe Temperatur.

Da unsere Haut etwas anderes als Temperaturen misst (nämlich einen „Temperaturfluss“), geben nur **Messungen** mit entsprechenden Geräten Auskunft über die wirkliche Temperatur der Gegenstände. Du siehst, wie schon beim Bestimmen der Massen der verschiedenen Kartoffeln hilft auch bei der Temperaturbestimmung das Messen weiter.

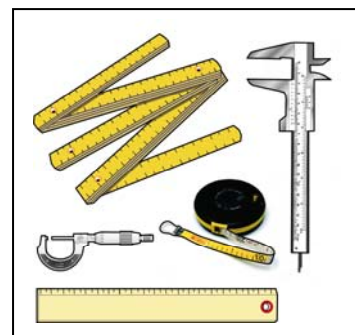
Das Messen von Längen



Für dein Zimmer darfst du ein neues Bett aussuchen. Wie groß soll es sein und wo soll es stehen? Da nun das von dir ausgesuchte Bett sehr groß ist, ist es wichtig, einen geeigneten Platz dafür zu suchen. Ob es unter das Fenster passt, oder doch an die Wand muss – auch dieses Problem löst du durch das **Messen**. Was machen wir, wenn wir Längen messen?

Um einen geeigneten Platz für das Bett zu finden, führst du eine Längenmessung durch. Am sinnvollsten ist hier als Maßstab ein Bandmaß bzw. einen Zollstock zu benutzen. Auf diesen Geräten sind festgelegte Einheiten abgetragen. Nehmen wir nun einmal an, dass dein Zollstock eine Länge von 1 m besitzt. Wenn du bei deinem neuen Bett diese Einheit von 1 m zweimal aneinander reihen kannst, dann beträgt die Länge des Bettes 2 m. Somit hast du für die Länge deines Bettes einen Zahlenwert ermittelt. Die zu untersuchende Länge hast du dabei mit einer festgelegten Einheit, in deinem Falle „1 m“, verglichen.

Eine andere Möglichkeit, die Länge deines Bettes zu ermitteln, ist das Ausmessen mit den Füßen. Nehmen wir einmal an, deine Füße sind jeweils 25 cm lang. Dann wird dein Bett 8 Fußlängen lang sein. Mit einer solchen Vorgehensweise kannst du ebenfalls schnell einen geeigneten



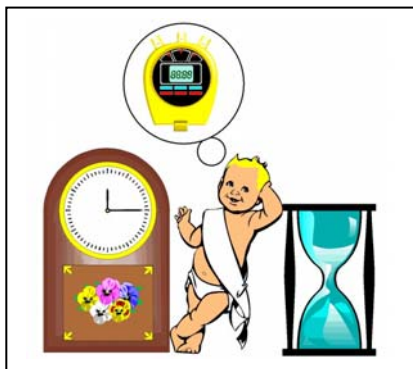
Platz für dein Bett finden.

Es gibt noch weitere Möglichkeiten und damit auch verschiedene Geräte, Längen messen zu können. Allen Geräten ist gemeinsam, dass sie einen **Messbereich** besitzen. Ein solcher Messbereich geht aus der ersten und der letzten Marke seiner Skala hervor. Ein Lineal, wie du es vielleicht in deiner Federmappe hast, besitzt beispielsweise einen Messbereich von 1 mm bis 20 cm. Wollen wir Längen unterhalb von wenigen Millimetern bestimmen, bedienen wir uns entweder einer Mikrometerschraube oder eines Messschiebers. Denn bei einer Mikrometerschraube beginnt der Messbereich bei 0,01 mm, bei einem Messschieber bei 0,1 mm.

Dementsprechend hängt es also vom Messbereich ab, welches Gerät man zum Messen einer Länge auswählt. Jedoch unterscheiden sich die Geräte in ihrer **Messgenauigkeit**. Stell dir vor, du ermittelst den Durchmesser deines Lieblingsfüllers sowohl mit deinem Lineal als auch mit einem Messschieber. Dann wird die Genauigkeit beim Messen mit Hilfe des Messschiebers höher sein als beim Messen mit dem Lineal. Der Grund hierfür ist, dass du beim Messschieber auf 0,1 mm genau ablesen kannst.

Hast du schon gewusst, dass bis vor etwa 200 Jahren die Menschen in den verschiedenen Ländern noch mit unterschiedlichen Längenmaßen gearbeitet haben? Dann einigte man sich jedoch auf eine einheitliche Längeneinheit „das Meter“. Diese Einheit wird überall in der Welt benutzt. Das Urmeter lagert noch heute in einem Tresor in der Nähe von Paris.

Das Messen von Zeiten



Eine andere Größe, die ebenfalls dein Leben bestimmt, ist die Zeit. Du kennst sicherlich eine Vielzahl von Geräten, mit denen man die Zeit messen kann, wie zum Beispiel: die Sanduhr in der Sauna, die Standuhr im Wohnzimmer, die Stoppuhr deines Sportlehrers oder deine Armbanduhr.

Zeiten können jedoch auch auf anderem Wege ermittelt werden. So entspricht die vollständige Drehung der Erde um ihre Achse einem

Tag. Ein vollständiger Erdumlauf um die Sonne beschreibt die Dauer eines Jahres. Sowohl ein Tag (1 d) oder ein Jahr (1 a) sind Einheiten der Zeit. In unserem alltäglichen Leben benötigen wir weitere Zeiteinheiten. Zum Beispiel beim Kochen und Backen geben wir die Zeit in Minuten (1 min) oder in Stunden (1 h) an. Manchmal ist es auch notwendig, Sekunden (1 s) als Zeitangabe zu verwenden. Um Zeiten zu messen, greifen wir vor allem auf Geräte zurück, welche die Einheiten Sekunde, Minute und Stunde verwenden.

Ferner ist es auch denkbar, die gleichförmige Drehung eines Rades, die Hin- und Herbewegung eines Pendels oder das gleichmäßige Tropfen aus einem Wasserhahn zur Zeitmessung zu verwenden. Generell kannst du jeden sich wiederholenden und immer gleich lang dauernden Vorgang zur Zeitmessung benutzen. Dabei wird die Dauer eines solchen periodischen Vorganges als Einheit festgelegt.

Wiederum besteht das Ziel darin, die zu bestimmende Größe „Zeit“ mit jener Einheit zu vergleichen. Dazu muss gezählt werden, wie oft sich der Vorgang wiederholt (zum Beispiel, wie oft sich das Pendel hin- und herbewegt). Diesen Zählvorgang übernehmen für dich sonst die Uhren, welche die Zeit messen.

Wie bei der Längenmessung besitzen auch die Geräte für die Zeitmessung unterschiedliche Messbereiche und ebenfalls unterschiedliche Messgenauigkeiten.

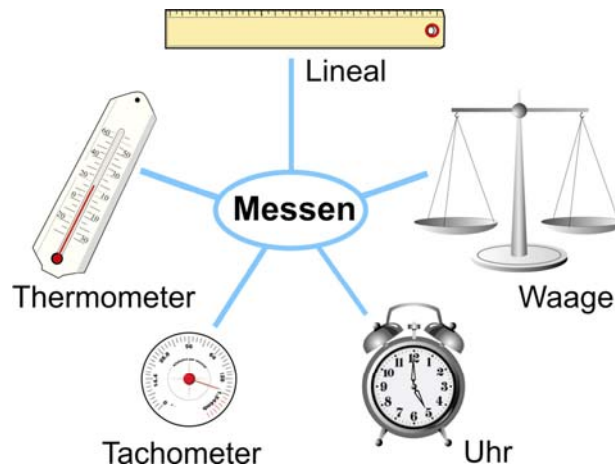
Hast du schon gewusst, dass man auch Kerzen zum Messen von Zeiten verwenden kann? Dazu wird die Kerze in bestimmten Abständen eingeteilt und markiert. Jede Markierung entspricht dann beispielsweise entweder einer Viertelstunde, einer halben Stunde oder einer ganzen Stunde.



Messen heißt Vergleichen

Zusammenfassend können wir nun festhalten:

Unter **Messen** versteht man das Erfassen von Eigenschaften eines Vorganges oder eines Gegenstandes unter Verwendung spezieller Geräte und Instrumente. Diese werden Messgeräte genannt.



Das heißt, das Messen ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Vergleichen gewisser Eigenschaften mit der entsprechenden Maßeinheit erfolgt. In diesem Sinne stellt das *Messen* ein *Vergleichen* dar. Wichtig ist, dass dem Messen stets ein Schätzen vorausgeht. Ein solches Schätzen von Eigenschaften ermöglicht eine schnelle sowie sinnvolle Auswahl des Messgerätes.

Aufgaben

1. Nimm fünf verschiedene Gegenstände (eine Apfelsine, deine Federtasche, deinen Bleistift, deinen Radiergummi, einen Stein). Ordne diese Gegenstände a) nach ihrer Größe und b) nach ihrer Masse. Schätze dazu die Größen ab und notiere deine Ergebnisse in Form einer Tabelle.
2. Nimm fünf von deinen Schulbüchern. Ordne sie nach von dir gewählten Merkmalen.
3. Bestimme deine Körpermaße: a) Wie groß bist du? b) Wie schwer bist du? c) Wie groß sind deine Füße (in cm)?

4. Baue dir aus einer Kerze ein Gerät, mit dem du Zeiten messen kannst! Bestimme anschließend den Messbereich deines Gerätes!
5. Miss die Länge und Breite a) deines Schulhofes und b) deines Klassenzimmers mit verschiedenen Längenmaßen!
6. Stell dir vor, du bist ein Meteorologe. Deine Aufgabe ist es, Auskunft über den Temperaturverlauf zu geben (dies ist besonders wichtig für Temperaturvorhersagen).
 - a) Miss regelmäßig die Temperatur an ein und demselben Ort über einen Zeitraum von zwei Tagen. Notiere die Daten.
 - b) Miss zur selben Zeit mit mehreren Thermometern die Temperatur in der Sonne sowie im Schatten. Was stellst du fest?

Nachdenken über das Vorgegangene

Bisher hast du mehrere wichtige naturwissenschaftliche Arbeitsweisen kennen gelernt. Das waren zum einen das Beobachten und Beschreiben von Phänomenen. Zum anderen wurde das Ordnen von Gegenständen oder Vorgängen nach bestimmten Eigenschaften betrachtet, wobei hier die Größen wie zum Beispiel Zeit, Masse oder Volumen eine große Rolle spielten. Denn diese erlauben das Vergleichen und das anschließende Ordnen der Gegenstände bzw. der Vorgänge hinsichtlich der ausgewählten Eigenschaften.

Eine weitere wichtige naturwissenschaftliche Arbeitsweise, die du ebenfalls kennen gelernt hast, ist das Messen. So bist du, wie auch der Wissenschaftler, durch den Einsatz von Messgeräten in der Lage, Informationen zu gewinnen, die über die Möglichkeiten der Sinnesorgane hinausgehen. Beispielsweise kannst du nur mit einem Thermometer genau die Temperatur ermitteln. Deine Sinnesorgane auf der Haut lassen dies nicht präzise zu. Auch andere Größen wie die Zeit oder die Masse kannst du ohne Messgeräte durch Abschätzen bestimmen. Genaue Angaben erhältst du nur durch Messungen.

All diese Tätigkeiten – Beobachten, Beschreiben, Ordnen und Messen – dienen dem Untersuchen naturwissenschaftlicher Phänomene. Sie finden in einer Welt statt, die uns zugänglich – man sagt auch wahrnehmbar – ist. Wir wollen diese Welt als

Erfahrungswelt bezeichnen. Die nachfolgende Abbildung soll das noch einmal zusammenfassen und dir als Orientierung dienen:



Vom Vereinfachen, über das Erklären zum Verstehen – Untersuchungen in der Modellwelt

Vereinfachen und Auswählen

Neben dem Untersuchen von Phänomenen in der Erfahrungswelt gehört es ebenfalls zu den wichtigen Aufgaben der Naturwissenschaften, diese Phänomene zu erklären und zu verstehen. Dabei bedient sich die Wissenschaftlerin oder der Wissenschaftler einer sehr fruchtbaren Methode. Es wird ein Modell konstruiert bzw. erstellt. Mit Hilfe eines solchen Modells soll dann das Phänomen erklärt werden. **Was sind Modelle?**

Du hast sicherlich bereits mit Modellen im Sachunterricht gearbeitet. Ja, du hast sogar schon mit Modellen gespielt.

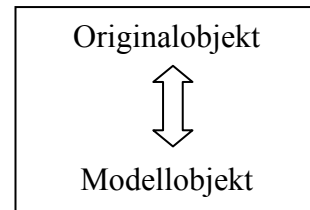


Puppenhaus

Spielzeugauto

Rabe und Dackel aus Holz

Denke nur an dein Spielzeug, wie zum Beispiel an ein Spielzeugauto oder an ein Puppenhaus. Wichtig war doch hier, dass dein Spielzeugauto vom Aussehen her sehr einem richtigen Auto ähnelt. Gleiches gilt für Rabe und Dackel aus Holz. Auch diese sollten einem lebendigen Tier ähnlich sein. Dementsprechend lassen sich beim Raben bzw. beim Dackel die Beine bewegen. Spielzeugauto, Dackel und Holzrabe veranschaulichen Gegenstände oder Lebewesen aus unserer Alltagswelt. Sie sind die Modelle zu einem realen Objekt. Diese realen Objekte werden dann als **Original vom Modell** bezeichnet.



Was unterscheidet jedoch das Spielzeugauto von einem Originalauto? Wenn du beide mit einander vergleichst, dann fallen dir sofort Gemeinsamkeiten ein, wie die Farbe oder die Form. Aber du kannst auch sofort Unterschiede benennen. So hat zum Beispiel das Spielzeugauto keinen Motor und kein Getriebe im Gegensatz zum Originalauto. Falls das Spielzeugauto (funkgesteuert) fahren kann, gibt es jedoch Unterschiede zum Originalauto in vielen technischen Einzelheiten. Ferner ist das Spielzeugauto viel kleiner und leichter als das Original.

Schon am Beispiel des Spielzeugautos kannst du das Typische von Modellen erkennen. Ein Modell ist stets eine Vereinfachung des Originals. Das bedeutet, dass das Modell **nur** bestimmte und nicht alle Eigenschaften des Originals besitzt. Aber das Modell hat auch Eigenschaften, die du nicht beim Original finden wirst.

Auftrag 1: Baue aus einfachen Mitteln, die dir gerade zur Hand sind, das Modell einer Brücke. Vergleiche deine Modellbrücke mit einer realen Brücke. Welche Gemeinsamkeiten und welche Unterschiede gibt es?

Nicht nur dein Alltag, wie es die Spielzeuge gezeigt haben, ist voll von solchen Modellen. Man bezeichnet sie als **gegenständliche Modelle**. Im wissenschaftlichen Bereich findest du ebenfalls eine Vielzahl von gegenständlichen Modellen. Wichtig hierbei ist jedoch, dass die Modelle für einen bestimmten Zweck erbaut wurden.

Auftrag 2: Du kennst sicherlich einen Globus und weißt, dass dieser ein Modell für die Erde ist. Welchen Zweck kann dabei der Globus erfüllen?



das Bild vom Original



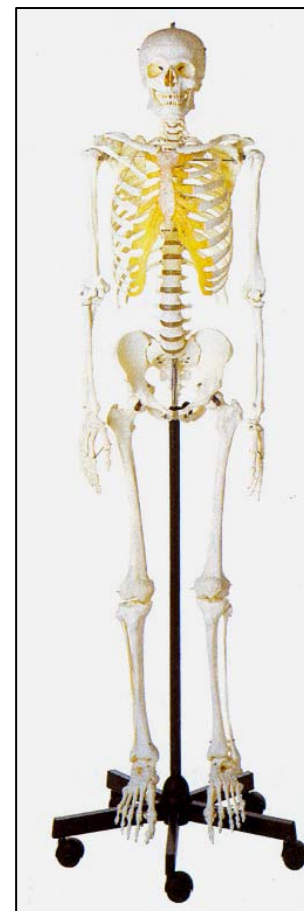
das Bild vom Modell

Ein Globus hilft dir, Vorstellungen über die Erde, die du in ihrer Ganzheit nicht wahrnehmen kannst, zu entwickeln. Beim Betrachten des Globus kannst du etwas über die Lage und die Größe der Kontinente bzw. der Ozeane erfahren. Damit wird deutlich, welchen Zweck der Globus erfüllt, nämlich die Erde zu veranschaulichen.

Beim Arzt hast du vielleicht schon einmal das Modell eines Skelettes gesehen. Dieses Modellskelett dient dazu, die Funktionen bestimmter Körperteile zu veranschaulichen. Betrachten wir einmal das Kniegelenk eines solchen Modellskelettes näher. Das Modellkniegelenk wurde entwickelt, um die Funktion eines Knies zu verstehen und zu erklären. Dieses wurde in Anlehnung an ein reales Gelenk erbaut, um dessen Funktion zu veranschaulichen.



Das heißt, Modelle sind zum einen Mittel zur Veranschaulichung des Aussehens von Gegenständen oder Lebewesen und zum anderen zur Veranschaulichung von Funktionen.



Dabei gilt:

1. **Ein Modell ist eine Vereinfachung des Originals.**
2. **Modell und Original stimmen dabei in bestimmten Merkmalen überein.**
 - a) Das Modell kann jedoch Merkmale besitzen, die das Original nicht hat.
 - b) Ebenso können dem Modell Merkmale fehlen, die das Original hat.
3. **Ein Modell wird gebaut, um einen bestimmten Zweck zu erfüllen.**
4. **Mit einem Modell kann man sich ein Original veranschaulichen und erklären.**

Somit kann man sagen, dass ein **Modell** immer **von etwas** und **für etwas** ist. Dabei ist wichtig, sich zuerst über den Zweck des jeweiligen Modells bewusst zu werden. Danach entscheidet man, welche Merkmale das Modell mit seinem Original gemeinsam haben soll. Man wählt also bestimmte Aspekte aus und vereinfacht das Original bei der Erstellung des Modells. Auf diese Weise versuchen wir uns Phänomene zu erklären, indem wir diese **vereinfachen**.

Zusammenfassend können wir festhalten, dass in den Naturwissenschaften **Auswählen** und **Vereinfachen** zu den wichtigen Arbeitsweisen gehören.

Aufgaben

1. Welche Modelle kennst du aus deinem täglichen Leben? Nenne Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Original und dem Modell.
2. Aus dem vorangegangenen Text hast du erfahren, dass ein Puppenhaus auch ein Modell darstellen kann. Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen zwischen dem Puppenhaus und einem realen Haus?
3. Eine Orange sei ein Modell. Überlege dir ein Original zum Modell „Orange“. Welchen Zweck soll dabei die Orange erfüllen?
4. Baue mit einfachen Mitteln ein Modell
 - a) von einem Windrad oder
 - b) von einem Vulkan.

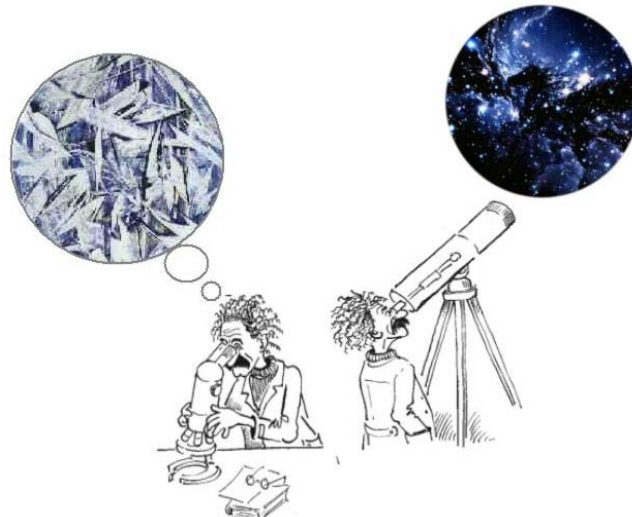


Bilder eines von Grundschülerinnen und Grundschülern gebauten Vulkans

Vermuten

Bisher hast du das Erstellen von Modellen benutzt, um dir Bekanntes zu veranschaulichen. Jedoch wirst du beim Erforschen der Natur interessante Phänomene beobachten können, die du nicht sofort verstehen wirst. Hierbei kann es sein, dass sich wichtige Details deiner Wahrnehmung verschließen.

Auch in solchen Fällen hilft uns das Konstruieren von Modellen weiter. Im Unterschied zu den gegenständlichen Modellen, bei denen wir vereinfacht und ausgewählt haben, müssen wir vermuten und annehmen. Das Ziel ist, unbekannte Zusammenhänge zu verstehen. Wie wird Unbekanntes in den Naturwissenschaften erforscht?



Wenn in den Naturwissenschaften Unbekanntes erforscht wird, bedeutet das Folgendes: Man stößt an die Grenzen der direkten Beobachtung. Ein Wissenschaftler erstellt dann wiederum ein Modell. In diesem Fall wird ein Denkmodell konstruiert, indem

Vermutungen über das Unbekannte getroffen werden. Ein solches Denkmodell hilft dem Wissenschaftler beim Erklären oder auch beim Gewinnen neuer Erkenntnisse.

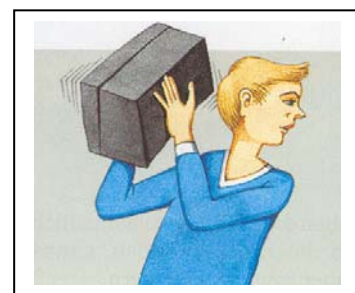
Damit du verstehen kannst, was ein Denkmodell ist und wie es in den Naturwissenschaften verwendet wird, wollen wir uns zuerst einmal Dosen und Kästen anschauen, bei denen du hineinschauen kannst. Diese Dosen (wie zum Beispiel die Bumerang-Dose) oder Kästen nennt man auch Black-Boxen. Das bedeutet: undurchsichtige, zum Teil schwarze Boxen mit einer inneren Struktur.



In ähnlicher Vorgehensweise, wie beim Erforschen von Unbekanntem in den Naturwissenschaften, müssen wir auch die Black-Boxen untersuchen. Das Ziel dabei ist, Aussagen über die innere Struktur der Black-Box zu erhalten. Das Interessante bei der Bumerang-Dose ist, dass sie, wenn man sie wegrollt, wieder zurückkommt. Gibt man der Dose einen stärkeren Schubs, rollt sie weg und kommt dann zurück. Warum kehrt die Dose immer wieder zu uns zurück?

Nehmen wir einmal an, dass im Inneren der Dose zwei in einander verknäulte Einweggummis sind. In der Mitte der Dose ist an den verknäulten Gummis ein Stein befestigt. Beim Rollen der Dose werden die Einweggummis noch stärker verknäult und damit gespannt, so dass sich bei einem bestimmten Spannungsgrad die Bewegung der Dose umkehrt. Die Dose kommt zurück, und die Einweggummis entspannen sich wieder. Versuche doch, dir eine solche Dose zu bauen.

Auftrag: Nimm einen Karton, schwärze ihn und lege folgende Gegenstände hinein: einen Stein, eine Kugel, eine kleine Holzplatte. Lass nun zwei Freunde deine Black-Box von einander unabhängig erforschen. Sie sollen ihre Ergebnisse beim Untersuchen der Black-Box beschreiben. Notiere ihre Beschreibungen.



Du wirst feststellen, dass deine Freunde zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen werden. Dabei sind nur Geräusche beim Schütteln direkt wahrnehmbar. Jedoch durch das Schütteln sowie durch das systematische Untersuchen der Black-Box kann eine Vermutung über ihren Inhalt getroffen werden.

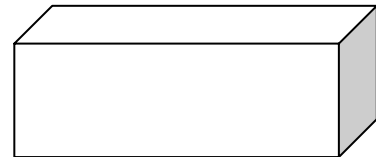
Auch in den Naturwissenschaften nutzen wir den Weg der **Annahmen und Vermutungen**, um Phänomene zu erklären. Neben dem **Auswählen** und **Vereinfachen** gehören das **Annehmen und Vermuten** zu wichtigen Arbeitsweisen, die der Erklärung von naturwissenschaftlichen Phänomenen dienen.

Was machen deine Freunde, wenn sie Auskunft über den Inhalt deiner Black-Box geben sollen? Sie entwickeln in Gedanken Vorstellungen über das Innere der Box. Solche Vorstellungen wollen wir als **Denkmodelle** bezeichnen. Dementsprechend führt das Annehmen und Vermuten zu Denkmodellen.

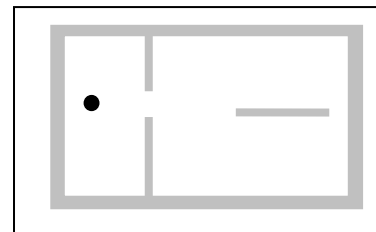
Denkmodelle werden in den Naturwissenschaften durch Vermutungen aufgestellt mit dem Ziel, Phänomene zu erklären und zu verstehen.

Projekt und Aufgaben

Projekt: Baue eine weitere Black-Box, die du anschließend durch einen Freund oder eine Freundin wieder untersuchen lässt.



1. Verwende für die Herstellung der Box eine kleine Schachtel aus Plastik.
2. Überlege dir den inneren Aufbau deiner Box.
 - a) Sollen im Inneren verschiedene Gegenstände sein, die beim Bewegen unterschiedliche Geräusche machen, oder
 - b) soll im Inneren eine Kugel sein, die auf eingeklebte Wände trifft?
3. Fertige eine Skizze an, nach der du dann deine Box bauen kannst.
4. Wichtig ist, dass du deine Box, falls sie durchsichtig ist, mit undurchsichtigem Klebeband beklebst.

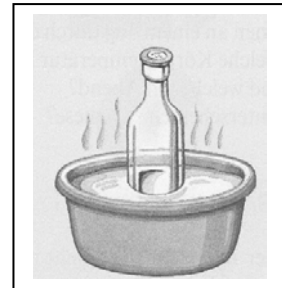


Tausche mit deinem Freund oder deiner Freundin die gebauten Boxen aus, und untersucht sie. Zu welchen Ergebnissen kommt ihr beim Experimentieren mit den Boxen?

Aufgabe: Nenne Beispiele für Black-Boxen aus deinem täglichen Leben!

Vermuten, Beobachten und anschließend Erklären

Auftrag 1: Nimm eine leere Weinflasche, die nach oben schmal geöffnet ist. Dabei soll diese Öffnung nur so groß sein, dass du sie mit einer 1-Euro-Münze oder einer 2-Euro-Münze verschließen kannst. Befeuchte dann den Rand der Weinflasche und lege die Münze auf die Öffnung. Stelle anschließend vorsichtig die Weinflasche in eine Schüssel mit warmem Wasser. Beobachte, was geschieht!

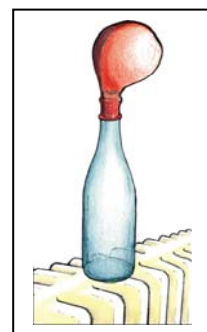


Nachdem die Weinflasche eine Weile im Warmwasserbad stand, hebt sich plötzlich die Münze. Nach einer kurzen Zeit wirst du beobachten, wie sich die Münze wieder und wieder hebt. Bei einem solchen Tanzen der Münze auf dem Flaschenhals wirst du auch einen Klack-Ton hören. Klack – die Münze hat sich wieder bewegt. Warum bewegt sich die Münze auf der Weinflasche? Der Flaschengeist wird es wohl nicht sein, der die Münze zum Tanzen bringt. Trotzdem ist dieser Versuch unter dem Begriff „Flaschengeist“ bekannt. Welche Ursache lässt sich für das Bewegen der Münze finden? Hast du vielleicht eine Idee?

Ein erster Erklärungsansatz für diese Erscheinung basiert auf dem Volumen der Luft, die sich im Inneren der Flasche befindet. Durch die Münze auf dem Flaschenhals ist der Raum im Inneren der Flasche abgeschlossen, und es liegt damit ein bestimmtes Volumen der Luft vor. Nun wird die Weinflasche in das Warmwasserbad gestellt, so dass sich die Luft im Inneren erwärmt. Bewirkt das Erwärmen der Luft die Bewegung der Münze? Warum?

Wie du vielleicht schon weißt, vergrößert sich das Volumen der Luft, wenn diese erwärmt wird. Dies kennst du bereits. Denn der folgende Versuch, den du sicherlich schon durchgeführt hast, basiert auf demselben Phänomen.

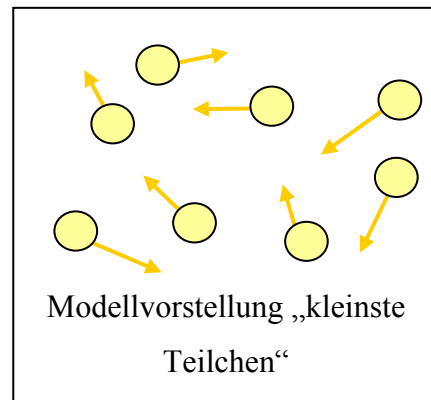
Auftrag 2: Ziehe über eine leere Weinflasche einen Luftballon. Stelle diese Flasche dann auf eine Heizung oder in ein Warmwasserbad. Was beobachtest du?



Bei diesem Versuch wirst du feststellen, wie sich der Luftballon allmählich aufbläst. Auch hier wird Luft im Inneren der Flasche erwärmt, die sich dann ausdehnt. Dieses Ausdehnen der Luft verursacht das Aufblasen des Ballons. Ganz analog ist es bei unserem Flaschengeist. Du kannst es dir so vorstellen, dass die Luft aufgrund ihrer Ausdehnung von Zeit zu Zeit die Münze auf dem Flaschenhals hoch drückt. Dies kannst du dann als „Klack“ wahrnehmen – die Münze hat sich bewegt.

Eine erste Deutung haben wir nun für den „Tanz der Münze“, aber wie kann man sich das Ausdehnen der Luft beim Erwärmen erklären? Hier hilft uns wieder nur das Konstruieren eines geeigneten Modells – in diesem Fall eines Denkmodells – weiter.

Denkmodell „kleine Teilchen“: Nehmen wir einmal an, die Luft, wie auch alle anderen Stoffe, besteht aus kleinen Teilchen. Diese kleinen Teilchen bewegen sich ständig.



Zur Veranschaulichung der Teilchen sowie zur Vorstellung unserer entwickelten Ideen müssen wir

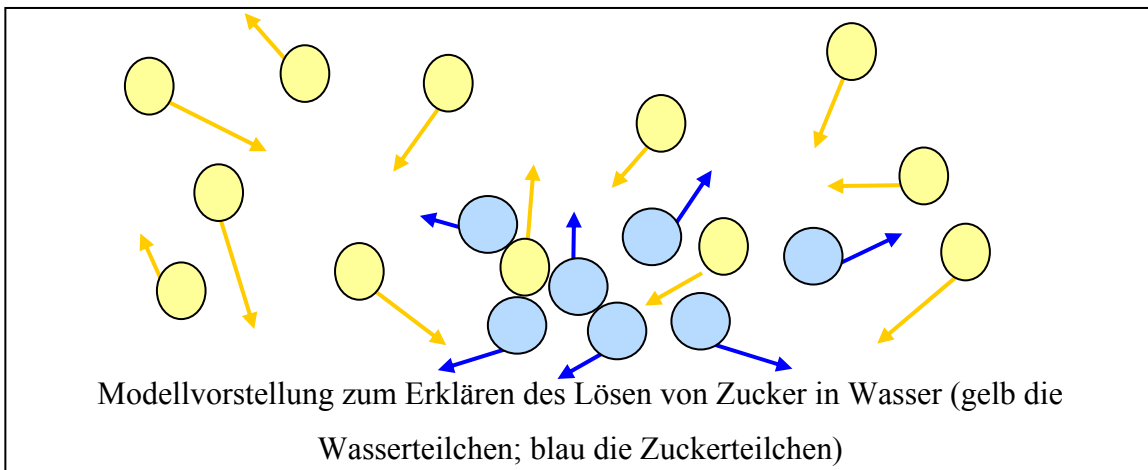
uns auf eine Darstellungsart der Teilchen einigen. So können wir die Teilchen rund oder auch eckig zeichnen. Jedoch ist es am leichtesten für uns, runde Teilchen zu malen.

Ist eine solche Vorstellung von kleinen Teilchen überhaupt sinnvoll?

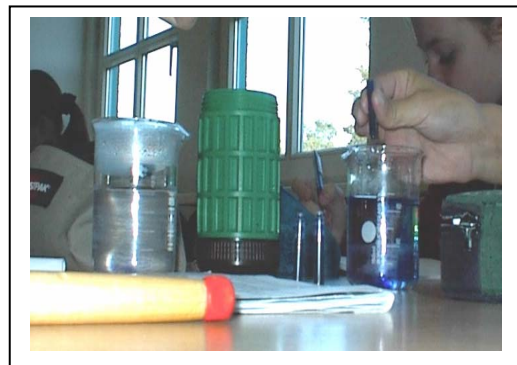
Auftrag 3: Nimm einen Würfelzucker und gib ihn in ein Glas mit warmem Wasser. Rühre gelegentlich um. Was kannst du beobachten? Wie erklärst du dir deine Beobachtungen?

Der Zucker löst sich im Wasser auf und ist somit nicht mehr zu erkennen. Probierst du nun das Wasser, wird es süß schmecken. Das Lösen von Zucker in Wasser kannst du dir mit Hilfe des Denkmodells „kleine Teilchen“ gut erklären. Nach diesem Modell bestehen Zucker sowie Wasser aus kleinen Teilchen. Dabei bewegen sich die Wasserteilchen wie auch die Zuckerteilchen. Das führt dazu, dass sich die Wasserteilchen zwischen die Zuckerteilchen schieben. Somit vermischen sich die Wasserteilchen mit den Zuckerteilchen.

Du siehst, die Annahme von sich bewegenden Teilchen ermöglicht dir, Erscheinungen wie das Lösen von Stoffen in Wasser zu erklären. Ist diese Annahme auch sinnvoll, um weitere Phänomene wie das Ausdehnen von Luft beim Erwärmen zu erklären? Bevor wir dieser Frage nachgehen, wollen wir untersuchen, was einen warmen Körper von einem kalten Körper im Denkmodell der kleinen Teilchen unterscheidet.



Auftrag 4: Nimm zwei Gläser. Fülle das eine Glas mit warmem Wasser und das andere mit kaltem Wasser. Tropfe in beide Gläser etwas Tinte hinein und beobachte. Wie erklärst du dir deine Beobachtungen?



Die Tinte wird sich in beiden Gläsern verteilen. Jedoch wird dir auffallen, dass dieses Verteilen der Tinte unterschiedlich schnell vor sich geht. Im Glas mit dem kalten Wasser wird es länger dauern als im Glas mit dem warmen Wasser. Nach unserem Denkmodell bewegen sich ja in beiden Gläsern die Wasserteilchen und auch die Teilchen der Tinte. Jedoch muss es einen Unterschied in der Bewegung der Teilchen geben. Dieser Unterschied kann nur bei den Wasserteilchen auftreten. Wenn wir uns vorstellen, dass sich die Teilchen des warmen Wassers schneller bewegen als die Teilchen des kalten Wassers, dann können wir den Unterschied erklären. So führt die schnellere Bewegung der Teilchen des warmen Wassers dazu, dass sich die Teilchen

der Tinte mit denen des Wassers schneller vermischen. Hingegen bewegen sich die Teilchen des kalten Wassers langsamer und das Vermischen dauert länger.

Unser Denkmodell:

- 1. Alle Stoffe bestehen aus kleinen Teilchen.**
- 2. Die Teilchen sind in ständiger Bewegung.**
- 3. Die Bewegung der Teilchen hängt davon ab, wie warm bzw. wie kalt der Stoff ist.**

Nun haben wir ein Denkmodell entwickelt, welches uns ermöglicht, die Ausdehnung von Stoffen aufgrund von Erwärmen zu erklären. Erinnerung dich an unsere erste Deutung für den „Tanz der Münze“ auf der Weinflasche. Wir konnten feststellen, dass sich die Luft im Inneren der Weinflasche beim Erwärmen ausdehnt. In unserem Denkmodell heißt es, die Teilchen der Luft bewegen sich nach dem Erwärmen schneller. Aufgrund dieser schnelleren Bewegung der Teilchen benötigen sie einen größeren Raum. Da die Flasche den Raum jedoch begrenzt, besteht nur die Möglichkeit, dass die schnellen Teilchen die Münze hochdrücken und somit entweichen können.

Fazit: Damit haben wir ein sinnvolles Denkmodell für verschiedene Phänomene entwickelt. In den Naturwissenschaften wirst du oft auf Denkmodelle stoßen, mit deren Hilfe du dann vielfältige Erscheinungen erklären kannst.

Das Konstruieren von Denkmodellen für die Veranschaulichung und Erklärung von Phänomenen ist eine besonders fruchtbare naturwissenschaftliche Methode zur Erkenntnisgewinnung.

Aufgaben

1. Entwickle Ideen, wie du das Lösen von Zucker in Wasser darstellen kannst, wenn du und deine Freunde Teilchen spielt.
2. Nimm einen Löffel Salz und gib ihn in ein Glas mit warmem Wasser. Rühre gelegentlich um. Beschreibe und erkläre, was du beobachten kannst.

3. Fülle ein Glas bis zu einem Viertel mit Milch (Vollmilch). Gib dann vorsichtig die gleiche Menge Wasser hinzu. Beobachte einige Minuten und versuche, dir deine Beobachtungen mit dem Denkmodell „kleine Teilchen“ zu erklären! Veranschauliche dir deine Erklärung auch mit Hilfe einer Skizze!

Arbeiten wie ein Wissenschaftler - Experimentieren¹

Du hast bisher vieles über das Vereinfachen und Auswählen und das Vermuten, Beobachten und das anschließende Erklären gelernt. Mit diesen Arbeitsweisen kannst du eine Menge von Informationen über verschiedene Phänomene erfahren. Jetzt kannst du alle diese Arbeitsweisen anwenden und wie eine Wissenschaftlerin bzw. wie ein Wissenschaftler mit Hilfe eines Experimentes zu Ergebnissen kommen.

Auftrag 1: Betrachte und beschreibe genau einen gebackenen und einen ungebackenen Brotteig.

Du wirst feststellen, dass der gebackene Brotteig größer ist und mehr Löcher enthält.



Frage 1: Warum geht der Brotteig auf und wie kommen die Löcher in das Brot?

Die Vermutung liegt nahe, dass die Zutaten im Brotteig dafür verantwortlich sind.

Auftrag 2: Finde heraus, welche wesentlichen Zutaten zu einem Brotteig gehören!



Du wirst sicherlich darauf kommen, dass der Brotteig aus Hefe, Mehl, Zucker, Wasser und Salz besteht. Mischst du diese Zutaten in einer Schüssel, kannst du beobachten, dass sich die Teigmischung in der Schüssel ausdehnt und sich eine kleine Schaumkrone mit Gasblasen bildet. Offensichtlich sind die Zutaten für die

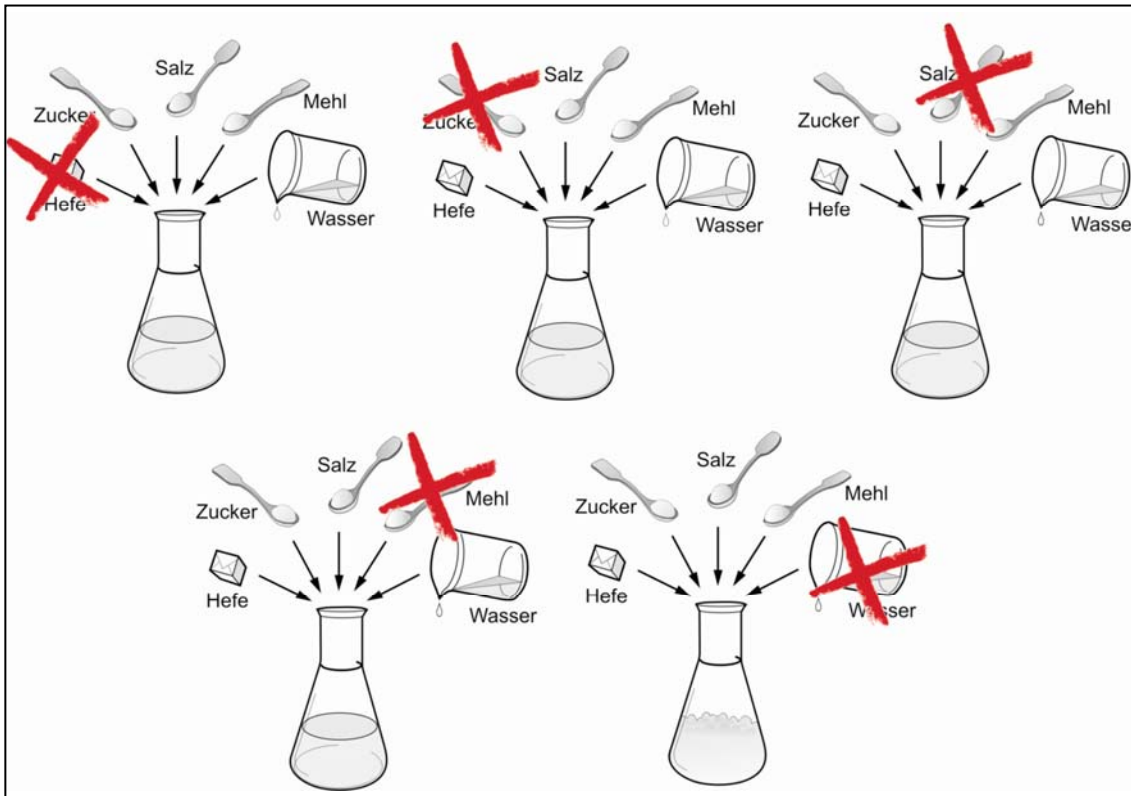
Ausdehnung und die Gasblasen verantwortlich. Jetzt stellt sich eine weitere Frage:

¹ Nach Grygier, P., Günther, J., Kircher, E. (Hrsg.). (2004). Über Naturwissenschaften lernen. S. 169-188.

Frage 2: Welche Zutat genau ist für die Gasblasen im Brotteig verantwortlich?

Damit du das herausbekommen kannst, musst du dir verschiedene Experimente überlegen. Überlege genau, wie du vorgehst!

Eine ganze Reihe von einzelnen Experimenten, bei denen jeweils nur eine Zutat weggelassen wird, kann dir helfen, eine Antwort zu finden. Stelle einen Plan auf, in welcher Schüssel du welche Zutat weglässt.



Aufgabe 3: Führe nun ein Experiment nach dem anderen durch und beobachte, in welcher Schüssel Gasblasen entstehen und in welcher nicht. Notiere deine Beobachtungen.

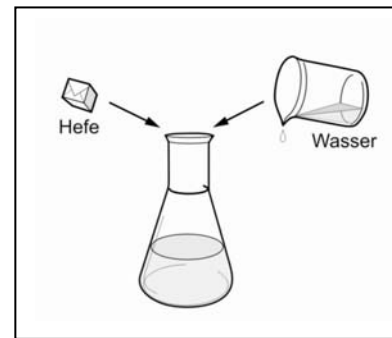
Du wirst feststellen, dass in der Schüssel ohne Wasser und in der Schüssel ohne Hefe keine Gasblasen entstanden sind. Jetzt bist du sicher, dass man für den Teig Wasser und Hefe braucht, damit Gasblasen entstehen.

Um sicher zu gehen, kannst du dieses Ergebnis in einem weiteren Experiment überprüfen.

Aufgabe 4: Mische Wasser und Hefe in einer Schüssel und beobachte, was passiert.

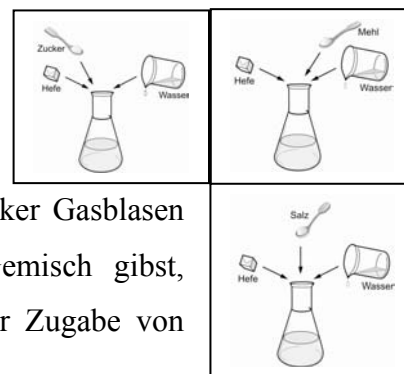
Du wirst feststellen, dass Wasser und Hefe allein nicht zu einer Gasbildung ausreichen. Damit ergibt sich für deine Untersuchung die nächste Frage.

Frage 3: Welche andere Zutat muss dem Teig hinzugefügt werden, damit Gasblasen entstehen?



Aufgabe 5: Gib nun jeweils eine weitere Zutat zum Hefe-Wasser-Gemisch und beobachte, ob sich Gasblasen bilden.

Du kannst beobachten, dass sich bei Zugabe von Zucker Gasblasen entwickeln. Wenn du Mehl in das Hefe-Wasser-Gemisch gibst, entstehen auch Gasblasen, aber langsamer als bei der Zugabe von Zucker. Die Zugabe von Salz bewirkt nichts.



Offensichtlich benötigt es neben der Hefe und dem Wasser auch Zucker oder Mehl, damit Gasblasen entstehen. Hättest du dieses Ergebnis so erwartet?

Auf deine Untersuchungen rückblickend, wirst du feststellen, dass du mit Hilfe einer Reihe von kleinen Experimenten Ursachen für die Löcher im Brotteig erforscht hast. Am Anfang dieser Untersuchung stand die Frage: „Warum geht der Brotteig auf und wie kommen die Löcher in das Brot?“ Auf dem Weg zum endgültigen Ergebnis der für die Löcher verantwortlichen Zutaten haben sich immer wieder neue Fragen ergeben. Jenen Fragen bist du gezielt mit weiteren Experimenten nachgegangen. Dabei war es ganz wichtig, dass du dir genau überlegt hast, welche Zutat du weglässt oder hinzufügst.

Auf diese Art und Weise arbeiten auch Wissenschaftler, um zu Forschungsergebnissen zu gelangen. Aus einer Anfangsfrage ergeben sich weitere Fragen, die sie mit Hilfe von Experimenten versuchen zu beantworten, um so zu Ergebnissen zu gelangen.

Eine wichtige Methode, um Erkenntnisse in den Naturwissenschaften zu gewinnen, ist das Experimentieren.

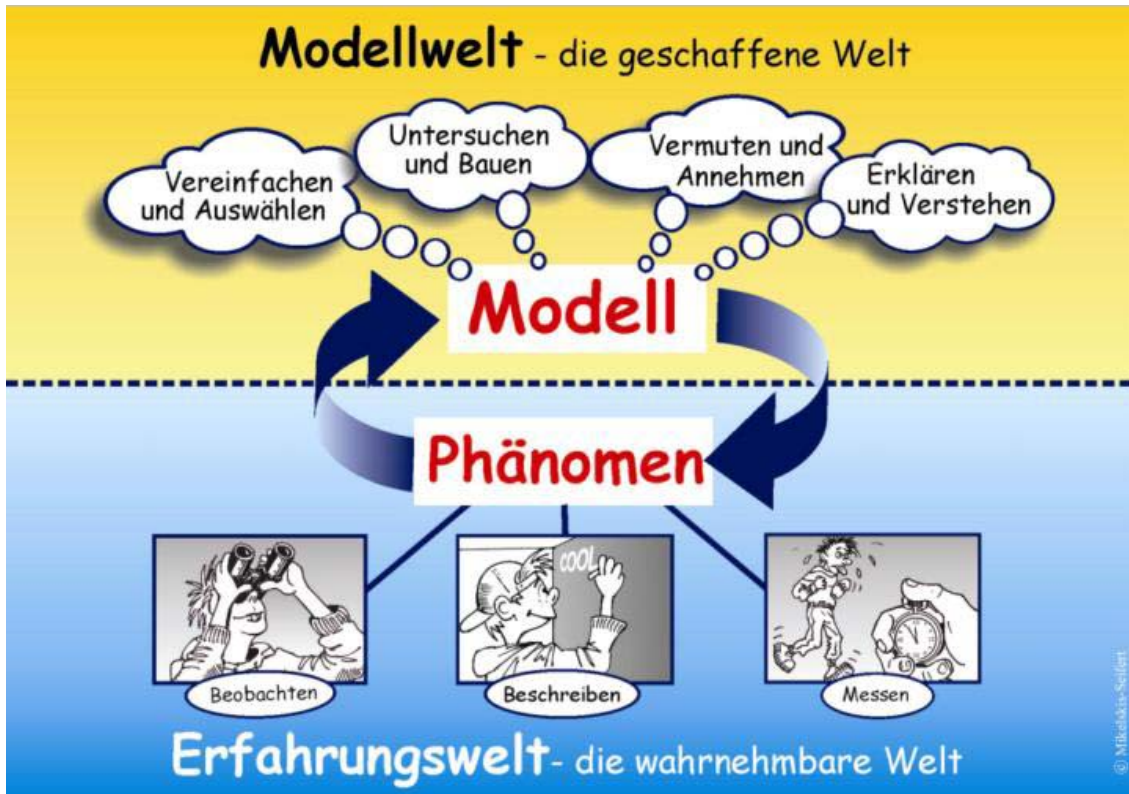
Zusammenfassend kann folgendes über das naturwissenschaftliche Experimentieren gesagt werden:

- Dem Experimentieren geht das Aufstellen von naturwissenschaftlichen Hypothesen voraus. Naturwissenschaftliche Hypothesen sind Vermutungen, die auf Vorwissen und Modellen beruhen. Weil sie durch ein Experiment geprüft (getestet) werden können, spricht man auch von einer „wissenschaftlichen“ Vermutung.
- Beim Experimentieren werden von einem Experimentator in einer Versuchsanordnung bewusst festgelegte oder ausgewählte Bedingungen (Variablen) verändert, kontrolliert und wiederholt beobachtet.
- Ein Experiment zeichnet sich dadurch aus, dass man es unter den gleichen Bedingungen wiederholen kann, und es kommt dasselbe Ergebnis dabei heraus.
- Ein Experiment ist ein Bindeglied zwischen der Wirklichkeit und der Modellwelt.

Nachdenken über das Vorgegangene

Du hast mehrere wichtige naturwissenschaftliche Arbeitsweisen kennen gelernt, mit deren Hilfe du zu Erkenntnissen über Phänomene aus deinem Alltag gelangt bist. Einerseits waren es das Beobachten, das Messen sowie das Beschreiben von physikalischen Eigenschaften. Wichtig hierbei war die Fragestellung, unter der die jeweilige Untersuchung in der direkt zugänglichen Welt – der **Erfahrungswelt** – erfolgte. Andererseits stand die Suche nach Erklärungen für die Phänomene im Mittelpunkt der Betrachtung. Dabei spielt das Konstruieren, Erstellen und Verwenden von Modellen eine große Rolle. Denn erst das Auswählen, das Vereinfachen, das Vermuten und das sich daran anschließende Erklären führen zu einer angemessenen theoretischen Beschreibung naturwissenschaftlicher Phänomene.

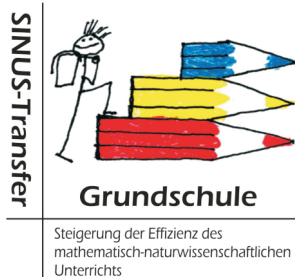
All diese Tätigkeiten – Auswählen, Vereinfachen, Untersuchen und Erklären – ranken sich um das Erschaffen eines angemessenen Modells, um das physikalische Phänomen zu verstehen. Diese Tätigkeiten finden dementsprechend in einer Welt statt, die als **Modellwelt** bezeichnet wird. Die nachfolgende Abbildung soll das noch einmal zusammenfassen und für dich wiederum als Orientierung dienen:



Das Experiment verbindet das im Mittelpunkt der Erfahrungswelt stehende Phänomen mit dessen Beschreibung in der Modellwelt. Dazu ist es notwendig, das Experiment sorgfältig zu planen. Das Vermuten über den Ausgang des Experimentes, das gewissenhafte Beobachten und das Beschreiben der Erscheinungen sind Voraussetzungen für das Erkennen naturwissenschaftlicher Zusammenhänge.



Programmträger: IPN, Kiel
Projektleitung: Prof. Dr. Manfred Prenzel
www.ipn.uni-kiel.de



SINUS-Transfer Grundschule
Projektkoordination am IPN: Dr. Claudia Fischer
Tel. +49(0)431/880-3136
cfischer@ipn.uni-kiel.de
www.sinus-grundschule.de

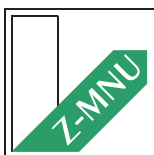


Ministerium für Bildung
und Frauen
des Landes Schleswig-Holstein

Programmkoordination für die Länder durch das
Ministerium für Bildung und Frauen des Landes
Schleswig-Holstein (MBF)
MR Werner Klein (SINUS-Transfer Grundschule)
<http://landesregierung.schleswig-holstein.de>



Landeskoordinatorenausbildung durch das
Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung
StD Christoph Hammer
www.isb.bayern.de



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Zusammenarbeit mit dem Zentrum zur Förderung des
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts der
Universität Bayreuth (Z-MNU)
Leitung: Prof. Dr. Peter Baptist
<http://zmnu.uni-bayreuth.de>