

## Naturwissenschaftliches Arbeiten

„Das Nachdenken über Wissen und das Nachdenken über das Schaffen von Wissen ist ein Kernbestandteil der Bildung. Dies wussten die Gebildeten immer.“<sup>1</sup>

Die Schülerinnen und Schüler erfahren im Unterricht vieles über Strukturen, Prozesse und Zusammenhänge in Natur und Technik. Damit sie dieses Wissen einschätzen, bewerten und sinnvoll in das eigene Weltbild einfügen können, ist es von entscheidender Bedeutung, dass sie auch erfahren, wie diese Erkenntnisse gewonnen werden, wie Naturwissenschaft „funktioniert“ („nature of science“). Dazu müssen sie mit den fachtypischen Arbeitsweisen vertraut werden, wozu sowohl die charakteristischen Denkmethoden, mit denen man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangt, als auch die charakteristischen Arbeitsmethoden der Fachgebiete Physik, Chemie und Biologie zählen.

### 1 Allgemeine Denk- und Arbeitsweisen

Den Naturwissenschaften gemeinsam ist das Ziel, mithilfe von Theorien Ausschnitte der Realität so zu beschreiben, dass sich daraus zuverlässige Prognosen ableiten lassen. Der Weg dieser Erkenntnisgewinnung wird als **empirisch-kritische Methode**<sup>2</sup> bezeichnet: In einem Zusammenspiel induktiven und deduktiven Schließens werden Hypothesen aufgestellt und - meist experimentell, z. T. aber auch nur durch Beobachtungen - überprüft.

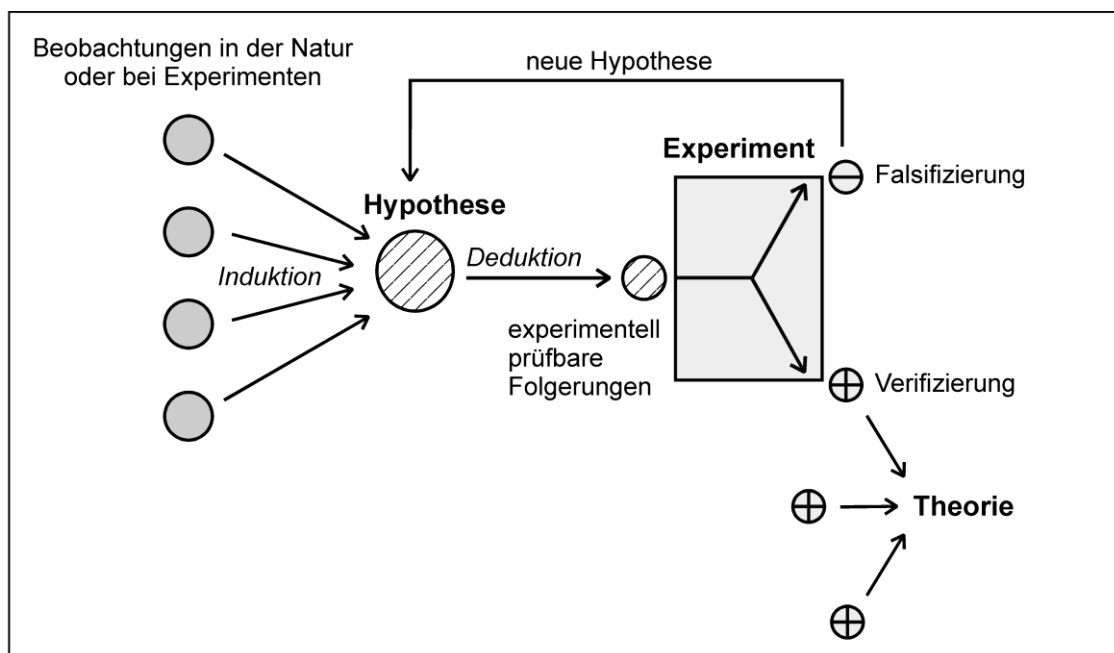


Abb. 1: Schema zur empirisch-kritischen Methode der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

<sup>1</sup> Balzer, Wolfgang: Die Wissenschaft und ihre Methoden. Grundsätze der Wissenschaftstheorie. (Verlag Karl Alber), Freiburg/München <sup>2</sup>2009, S. 9.

<sup>2</sup> Andere Bezeichnungen sind: empirisch-induktives Verfahren, Methode der verbundenen Induktion und Deduktion, kausal-analytische Methode, exakte Induktion, hypothetisch-deduktive Methode, kausal-analytische Methode (vgl. Pfeifer, Peter; Lutz, Bernd; Bader, Hans Joachim et al.: Konkrete Fachdidaktik Chemie. (Oldenbourg) München <sup>3</sup>2002, S. 96)

Aus der mehrfachen Bestätigung von Hypothesen entstehen empirische Theorien. Diese bleiben prinzipiell immer hypothetisch und neue empirische Daten können eine Revision erfordern. Wissenschaftstheoretiker weisen darauf hin, dass der tatsächliche Wissenschaftsprozess durch dieses Schema noch nicht umfassend beschrieben ist. So zeigt sich z. B., dass Beobachtungen bereits „theoriebeladen“ sind und durch vorausgehende Vorstellungen beeinflusst werden, was etablierte Lehrmeinungen stabilisieren kann. Nach Imre Lakatos setzen sich konkurrierende Theorien, die neue Tatsachen besser erklären können, erst in einem Wettstreit durch. Hier bestehen interessante Parallelen zur Bedeutung von Präkonzepten der Schülerinnen und Schüler zu naturwissenschaftlichen Zusammenhängen.

Durch die naturwissenschaftliche Methodik ist auch der Zuständigkeitsbereich der Naturwissenschaften abgegrenzt. Ein wichtiges Ziel des Unterrichts ist es, dass die Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen können.

## 2 Arbeitsmethoden

Beim Aufbau eines naturwissenschaftlichen Theoriengefüges greifen induktives und deduktives Schließen, analytisches und synthetisches Denken in vielfältiger Weise ineinander. Dieses komplexe Zusammenwirken lernen die Schülerinnen und Schüler am besten kumulativ, mit zunehmender Verfeinerung, in eigener praktischer Tätigkeit kennen. Dazu müssen sie möglichst oft Gelegenheit erhalten, naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden zielgerichtet und sorgfältig einzusetzen und dabei deren Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung zu reflektieren.<sup>3</sup>

### 1) Grundlegenden **Formen der Erkundung**<sup>4</sup>:

Das **Betrachten** ist das bewusste, aufmerksame Erfassen von Eigenschaften eines ruhenden Objekts (Gestalt, Form, Aussehen).

Vor dem Betrachten kann das selbständige **Sammeln** von Objekten stehen, z. B. im Rahmen eines Unterrichtsgangs.

Gegenstand des **Beobachtens** sind Vorgänge. Man unterscheidet Kurzzeitbeobachtungen, die im Rahmen einer Unterrichtsstunde durchgeführt werden können, von Langzeitbeobachtungen, die höhere Anforderungen an das eigenverantwortliche Arbeiten der Schülerinnen und Schüler stellt. Eine besonders intensive Möglichkeit zu Beobachtungen bietet das **Halten und Pflegen** von Tieren und Pflanzen.

Wichtige Tätigkeiten in Zusammenhang mit dem Betrachten und Beobachten sind das **Benennen**, das **Beschreiben**, das **kriterienbezogene Vergleichen** und das **Ordnen**.

<sup>3</sup> Spörhase-Eichmann, Ulrike; Ruppert, Wolfgang (Hrsg.): Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II (Cornelsen Scriptor) Berlin <sup>4</sup>2010, S. 147

<sup>4</sup> Killermann, Wilhelm; Hiering, Peter; Starosta, Bernhard: Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik. (Auer) Donauwörth <sup>11</sup>2005, S. 131 - 153

Als **Untersuchen** bezeichnet man die vermittelte Beobachtung, das Beobachten mit Hilfsmitteln. Häufig verwendete Hilfsmittel sind Lupe, Fernglas, Stereolupe und Mikroskop. Messgeräte ermöglichen quantitative Untersuchungen (**Messen**).

Betrachten, Beobachten und Untersuchen sind die Grundlage für das **Bestimmen** (z. B. bei biologischen Kenn- und Bestimmungsübungen).

### 2) Experimentieren

Von zentraler Bedeutung für die Naturwissenschaften und für den naturwissenschaftlichen Unterricht ist das **Experimentieren**. Hier wird gezielt in einen Ablauf eingegriffen. Häufig wird ein Faktor bei Konstanzhaltung der übrigen Faktoren variiert und damit seine Wirkung auf den Vorgang untersucht.

Wichtige Aspekte beim Experimentieren sind das Formulieren einer Fragestellung, das Aufstellen von Hypothesen und die Planung der experimentellen Überprüfung. Bei der Durchführung von Experimenten sollten die Schülerinnen und Schüler stets eine klare Vorstellung vom Ziel des Versuchs haben. Wo es sinnvoll ist, sollten Vorhersagen über mögliche Versuchsergebnisse gemacht werden. Neben dem **Erforschen** und **Entdecken** ermöglicht das Experimentieren durch das selbständige Aufbauen von Versuchsanordnungen auch die Anwendung der technischen Methoden des **Erfindens** und **Konstruierens**, des Ausprobierens und Optimierens.

Durch sorgfältiges Beobachten und Messen werden Daten erhoben und protokolliert.

Im letzten Schritt werden die Daten aufbereitet, gegebenenfalls in geeigneten Diagrammen dargestellt und in Hinblick auf die zu prüfende Hypothese bewertet. Zur Auswertung gehören auch eine Fehleranalyse und möglicherweise die Planung von Folgeexperimenten.

Ein weiterer Aspekt des Experimentierens, besonders im Chemieunterricht, ist das Einüben von Grundtechniken im Umgang mit Stoffen und Geräten, einschließlich der Vertrautheit mit wichtigen Sicherheitsrichtlinien und der umweltgerechten Entsorgung von Chemikalien.

### 3) Arbeiten mit Modellen und Modellieren

Viele Entwicklungsmöglichkeiten für den Unterricht bietet das **Arbeiten mit Modellen**. Modelle können Strukturen oder Prozesse abbilden und veranschaulichen. Ein erstes Modell, das die Schülerinnen und Schüler im Natur- und Technik-Unterricht kennenlernen, ist das Teilchenmodell. Dieses theoretische Modell kann durch materielle Modelle (z. B. Klottermodelle von Molekülen) sowie in bildhafter, symbolischer oder sprachlicher Darstellung veranschaulicht werden. Besonders im Biologieunterricht wird auf viele materielle Struktur- oder Funktionsmodelle zurückgegriffen (Modell einer Zelle, Modell eines Muskels, Gelenkmodelle, Modelle von Blüten, ...), mit steigender Komplexität der betrachteten Zusammenhänge werden die verwendeten Modelle jedoch abstrakter und stellen hohe Anforderungen an die Lernenden. Hier ist es hilfreich, wenn bereits von Anfang an das Modellie-

ren, das Entwickeln von gedanklichen Bildern für Vorgänge und Strukturen, bewusst geübt und auch in seinen Grenzen und Schwächen diskutiert wurde. Eine besondere Herausforderung für die Schülerinnen und Schüler kann es später dann sein, auch komplexere Phänomene zu modellieren. Ausgehend von einer Fragestellung und der Analyse der dafür relevanten Elemente und der Wechselbeziehungen zwischen ihnen kann eine mathematische Modellierung erfolgen bzw. eine Computer-Simulation erstellt werden.

Sowohl beim Anwenden als auch beim Erstellen von Modellen sollte besonderes Gewicht auf das bewusste **Lernen über Modelle**, über ihre Funktion und ihre Grenzen, gelegt werden. In Zusammenhang damit kann auch auf die Bedeutung von Präkonzepten und Fehlvorstellungen eingegangen werden.

#### 4) Weitere methodische Kompetenzen

Beim naturwissenschaftlichen Arbeiten werden auch fächerübergreifende Kompetenzen erworben und eingeübt. Dazu gehören die Fähigkeiten, mit Fachliteratur umzugehen, in Bibliotheken und im Internet zu recherchieren sowie im Zweierteam oder in der Gruppe zusammenzuarbeiten und zu diskutieren.

#### Quellen und weiterführende Materialien:

[Erläuterungen zu Modul 2](#) auf der SINUS-Transfer-Homepage

Hier finden Sie die Modulbeschreibung des Gutachtens und erläuternde Beiträge:  
Stäudel, Lutz: Naturwissenschaftliches Arbeiten. Erläuterungen zu Modul 2. 2007  
Lind, Gunter; Kroß, Angela; Mayer, Jürgen: Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht. Erläuterungen zu Modul 2. 1998

#### [ISB-Portal DEMO](#)

Ergebnisse einer Untersuchung zur Frage „Können die Schüler Teilchenmodelle verstehen und für ihren Erkenntnisprozess anwenden?“; stellt auch Filme und Animationen bereit

#### [Physik im Kontext](#)

Umfangreiche Materialien für den Physikunterricht, u. a. die piko-Briefe

#### [Chemie im Kontext](#)

Anregungen zu Kontextorientierung, Vernetzung von Basiskonzepten und Methodenvielfalt im Chemieunterricht

#### [Biologie im Kontext](#)

Kontextorientierte Unterrichtskonzepte für den Biologieunterricht

Themenhefte zum naturwissenschaftlichen Arbeiten:

Unterricht Chemie: Modelle, Heft 67, Jg. 13, 2002 (Friedrich Verlag)

Unterricht Chemie: Atome, Heft 115, Jg. 20, 2009 (Friedrich Verlag)