

7.4 Modelle

7.4.1 Begriff, Modelltypen³⁹

Modelle sind vereinfachende Repräsentanten (Abbilder) von realen Objekten oder Systemen (vgl. STEINBUCH 1977, HALBACH 1974). Sie entsprechen in den wesentlichen Eigenschaften dem Original, sind aber anschaulicher, weil bei der Modellbildung einzelne Merkmale eines komplexeren Systems hervorgehoben bzw. eliminiert werden.

Ein Modell unterscheidet sich (nach HALBACH 1974) vom Original durch folgende Eigenschaften (gilt nur für materielle Modelle):

- Abstraktion (Informationsreduktion durch Hervorheben wesentlicher und Weglassen nebensächlicher Eigenschaften)
- andere Dimension (meist Vergrößerung)
- anderes Material (z. B. Kunststoff)

Modelle sollen durch die strukturelle Reduktion und das Bemühen um Anschaulichkeit zum besseren Verständnis des Originals beitragen. Sie dienen sowohl der Gewinnung als auch der Vermittlung von Erkenntnissen. Bei der *Erkenntnisgewinnung* (Schwerpunkt Forschung) hat das Modell Hypothesencharakter; es soll helfen, unbekannte Sachverhalte aufzuklären und Voraussagen zu ermöglichen. Bei der *Erkenntnisvermittlung* (Lehre) verwendet man das Modell, um bekannte Sachverhalte zu erklären oder zu veranschaulichen.

Je nachdem, ob die didaktischen Modelle in Form real existierender Gegenstände vorliegen oder in der Vorstellung konstruiert werden, unterscheidet man *materielle* Modelle (Anschauungsmodelle) und *ideelle Modelle* (Denkmodelle). Materielle Modelle können wiederum eingeteilt werden in Strukturmodelle und Funktionsmodelle.

Strukturmodelle veranschaulichen morphologische oder anatomische Merkmale (z. B. Skelette, Blattquerschnitt); manche sind zerlegbar, um auch Einblicke in den inneren Bau zu ermöglichen (z. B. Torso, Auge, Ohr, Insektenkörper, Blütenmodell).

Funktionsmodelle verdeutlichen das Prinzip von Vorgängen, z. B. Osmose (Pfeffersche Zelle), Zwerchfellatmung, Stimmbandfunktion, Katzenkrallen. Damit die korrekte Funktionsweise garantiert ist, wird häufig realitätsfremdes Material verwendet und die anatomischen und morphologischen Einzelheiten stimmen mit der Realität oft nur in groben Zügen überein. Beispielsweise ist beim Lungenfunktionsmodell (vgl. Abb. 47) die Brustwand aus transparentem Kunststoff, ein sich verzweigendes Glasrohr stellt die Luftröhre und die Bronchien dar, das Zwerchfell besteht aus einem dehnbaren Gummituch, die Lungenflügel werden mit zwei Luftballons nachgebildet. Manche Funktionsmodelle sind auf zweidimensionale Abbildungen reduziert (z. B. Funktion der Gehörknöchelchen). Die

³⁹ Literatur z. B. Halbach 1974, Jungbauer 1992, Killermann & Stöhr 1980, Litsche 1985, Steinbuch 1977, Stöhr 1981, Viehbach 1976

Computersimulation ist ebenfalls ein Funktionsmodell, gehört aber zu den ideellen Modellen (vgl. Abschnitt 7.10.3).

Denkmodelle werden im naturwissenschaftlichen Unterricht häufiger gebraucht, als man sich vielleicht bewusst ist. Sie werden entweder in der Vorstellung konstruiert (z. B. Bildung von Hypothesen) oder in irgendeiner Form „materialisiert“, wobei die Spanne von einfachen Schemata bis zu gegenständlichen Objekten (Kunststoffmodell der DNA oder Molekülbaukasten) reicht. Bei Letzteren ist die Ähnlichkeit zu den eigentlichen materiellen Modellen (Anschauungsmodellen) sehr groß.

Im Biologieunterricht finden Verwendung:

- Symbolische Modelle, z. B. chemische Formeln und Gleichungen
- Modellvorstellungen, z. B. zum Aufbau der DNA oder zum Ablauf tierischer Verhaltensweisen
- Elektronische Modelle, dargestellt durch Schaltkreise, z. B. zu Vorgängen im Nervensystem
- Kybernetische Modelle zur Darstellung von Regelungsvorgängen (Regelkreise)
- Mathematische Modelle zur Simulation von Zahlenverhältnissen, etwa in Zusammenhang mit der Evolution, bei Räuber-Beute-Beziehungen oder bei systemaren Zusammenhängen in einer Computersimulation
- Black-Box-Modelle.

Materielle und ideelle Modelle bilden eigentlich keinen Gegensatz, da bei der Modellierung eines materiellen Modells immer ein Denkmodell vorausgegangen ist. Materielle Modelle sind, genau genommen, eine Ableitung der Denkmodelle.

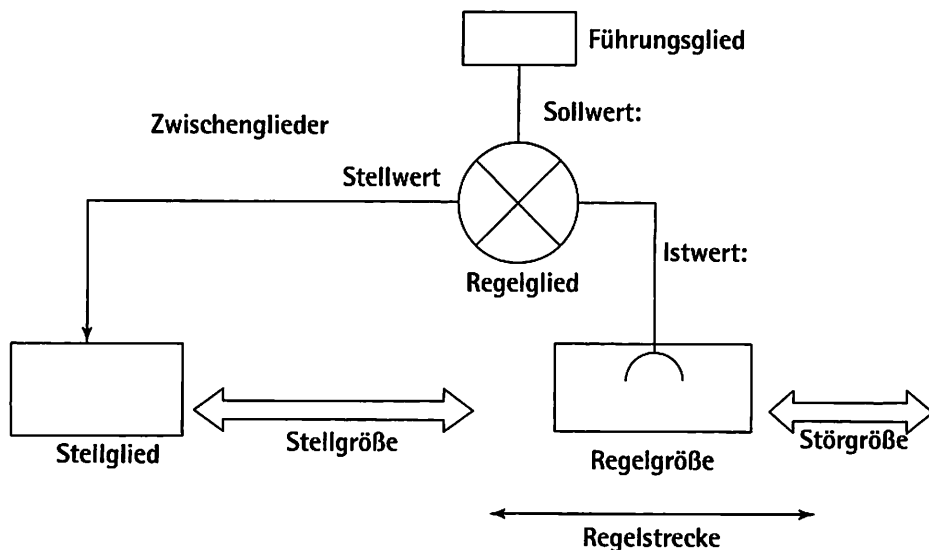


Abb. 44: Allgemeines Regelkreisschema

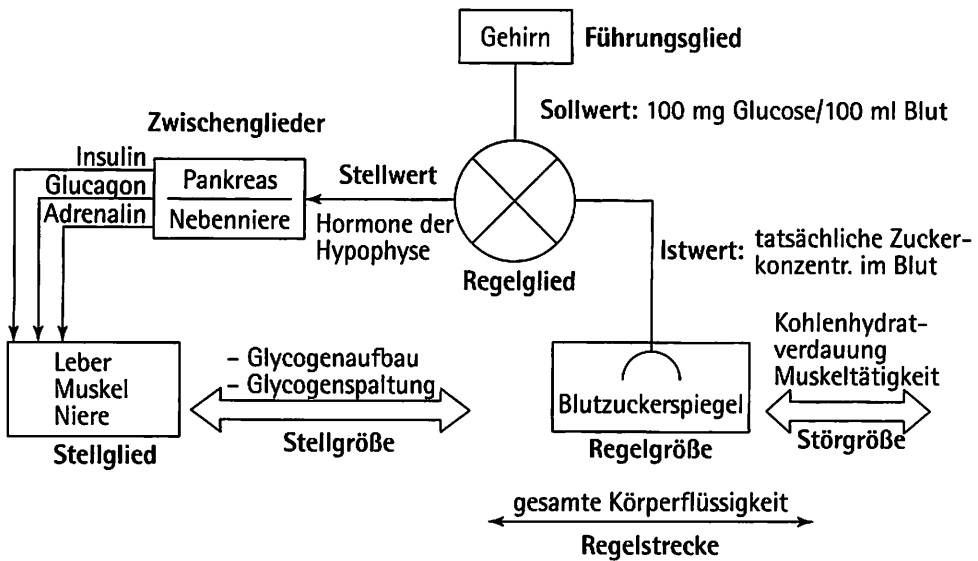


Abb. 45: Regelkreisschema der Blutzuckerregulation (vereinfacht)

7.4.2 Einsatz von Modellen im Unterricht – unterrichtspraktische Anmerkungen

Der Einsatz von Modellen bringt verschiedene Vorteile, z. B.:

- Strukturen und Prozesse können anschaulich dargestellt werden; insbesondere werden Einblicke und Vorstellungen vermittelt, die am biologischen Objekt schwer zu gewinnen sind.
- Das Verständnis biologischer Sachverhalte wird erleichtert. Modelle dienen der didaktischen Vereinfachung; sie bilden Verständnis- und Merkhilfen.
- Durch den Vergleich zwischen Modell und Naturobjekt wird der Blick für den Gegenstand selbst geschärft.
- Es wird Abwechslung ins unterrichtliche Geschehen gebracht, Arbeiten mit Modellen erhöht die Motivation.

Empirische Untersuchungen (Stöhr 1981) in 8. Schülerjahrgängen zeigten am Beispiel des Beutefangverhaltens der Erdkröte, dass ein mit Modellen (hier vor allem mit Funktionsschaltbildern) unterstützter Unterricht höheren Lernzuwachs und höhere Behaltensleistungen erbringt als ein Unterricht ohne diese Modelle.

Beim Modelleinsatz ist zwischen der Verwendung von fertigen Modellen und dem Erstellen eigener Modelle, der *Modellbildung*, zu unterscheiden. Selbst entwickelte Modelle können, zusätzlich zu den oben genannten Vorteilen, die Erkenntnisgewinnung unterstützen. Beispielsweise kann durch den Bau eines Funktionsmodells zur Brustatmung ein Funktionsprinzip erkannt oder durch die Erstellung eines Blütenmodells oder Blütendiagramms, das über den Vergleich mehrerer Blütenpflanzen einer Pflanzenfamilie (z. B. der Kreuzblütler) gewonnen wurde, ein allgemeingültiger Bauplan entdeckt werden. Zur Modellbildung sind auch Regelkreise

und Funktionsschaltbilder geeignet. Für höhere Jahrgangsstufen gibt es Computerprogramme (sog. *Modellbildungswerkzeuge*), mit denen grafische oder mathematische Modelle entworfen werden können (siehe Abschnitt 7.10.4).

Die *Black-Box-Methode* (vgl. WINDE 1977) ist ein Sonderfall der Modellbildung. Dabei wird ein System als schwarzer Kasten, die Black-Box, dargestellt. Das System in der Black-Box nimmt bestimmte Eingaben (Inputs) auf; diese werden in Abhängigkeit von der inneren Struktur des Systems verarbeitet; am Ausgang erscheinen die beobachtbaren Produkte, Reaktionen oder Verhaltensweisen – die Outputs.

Zwischen Inputs und Outputs herrschen erkennbare Gesetzmäßigkeiten im Sinne von „Wenn-dann“-Beziehungen. Eine Aussage über die innere Struktur des Systems und den Ablauf der Vorgänge ist zunächst nicht möglich. Durch die Black-Box-Methode wird nur veranschaulicht, was in einem System ein- und ausgeht. Erst in einem zweiten Schritt können dann Vorstellungen (Denkmodelle) über die innere Struktur entwickelt werden.

Diese Methode kann im Unterricht der Vereinfachung und pragmatischen Bewältigung schwieriger Sachverhalte dienen. Vorteilhaft ist, dass komplizierte Systeme stark reduziert dargestellt werden können, ohne falsche Vorstellungen zu vermitteln (z. B. kann die Summengleichung der Fotosynthese eher zu falschen Vorstellungen führen als eine Black-Box-Darstellung: grünes Blatt bzw. Chloroplasten = Black-Box, vgl. Abb. 46).

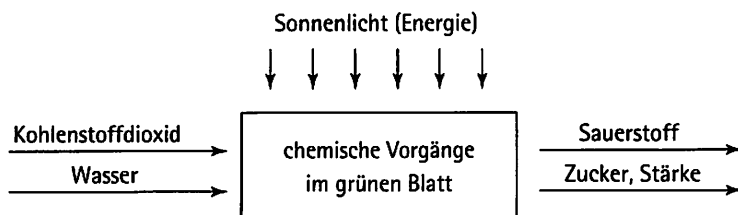


Abb. 46: Black-Box-Modell zur Fotosynthese

Auch die Black-Box sollte nicht von vornherein den Schüler/innen fertig vor Augen gestellt werden, sie ist vielmehr langsam zu entwickeln; sowohl bei der Darstellung als auch bei der Aufklärung der Vorgänge kann problemlösendes Denken geschult werden.

Bei der Arbeit mit Modellen muss der Bezug zum Original hergestellt werden. Bereits zu Beginn des Modelleinsatzes sollten Original und Modell gegenübergestellt und Entsprechungen der jeweiligen Begriffe vorgenommen werden (vgl. Abb. 47). Die am Modell gewonnenen Kenntnisse und Erkenntnisse müssen wieder auf die Realität übertragen werden.

In der Regel ergibt sich folgende methodische Abfolge:

1. Ausgangspunkt: das Original
2. Vergleich/Zuordnung Original – Modell
3. Gewinnen von Erkenntnissen und Einsichten am Modell
4. Übertragung der Erkenntnisse/Einsichten auf das Original

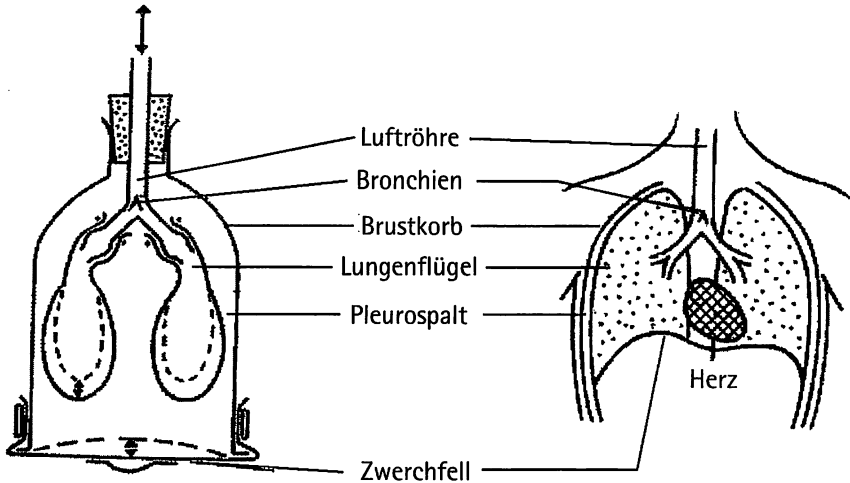


Abb. 47: Modell der Zwerchfellatmung nach DONDERS (aus WENK & TROMMER 1978)

Ein Modell muss vom Schüler/von der Schülerin stets als solches erkannt und verstanden werden.

Vor allem bei der intensiven Verwendung von Denkmodellen besteht die Gefahr, dass die Schüler/innen das Modell für die Realität halten, z. B. bei der Modellvorstellung der Doppelhelix-Struktur der DNA. Wenn der Unterricht hier unpräzise ist, dann werden Elektronen als real und Chromosomen als Modellvorstellungen eingeschätzt. Beim Modelleinsatz sollte auch auf die Unzulänglichkeit der Modelle im Vergleich zur Natur und zur Wirklichkeit hingewiesen werden (Modellbewertung). Es sollte klar werden, dass Modelle zwar zur Gewinnung von Kenntnissen notwendig sind, aber nicht alle Merkmale der Wirklichkeit abbilden.