

Modelle

Unter einem Modell wird das Abbild eines Originals verstanden, das für einen bestimmten Zweck verwendet wird. Abbilder können theoretische Konstrukte (Denkmodelle) oder Gegenstände (Anschauungsmodelle) sein. Modelle werden häufig dann gebildet, wenn ein natürliches Phänomen nicht direkt zugänglich ist. Modelle haben

- Anschauungsfunktion, da sie Strukturen, Prozesse oder theoretische Konstrukte verdeutlichen,
- denkökonomische Funktion, da sie den Zugang zu Sachverhalten und Problemlösungen vereinfachen,
- heuristische Funktion, wenn sie durch ihren hypothetischen Charakter die Problemfindung ermöglichen.

Modellbildung

Jeder Modellbildungsprozess beginnt mit der Absicht, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu veranschaulichen, zu erklären oder vorauszusagen. Dafür entwickelt der Modellierer, ausgehend vom Original, unter Bezugnahme auf eine Theorie ein mentales (gedankliches) Modell. Dieses Denkmodell enthält nur wesentliche Eigenschaften. Erweist es sich im Gedankenexperiment als tauglich, erfolgt die Umsetzung in ein Anschauungsmodell. Versagt das Anschauungsmodell, wird es modifiziert oder verworfen. Erfüllt es seinen Zweck, unterliegt es der Modellkritik. Dabei werden folgende Eigenschaften des Modells identifiziert:

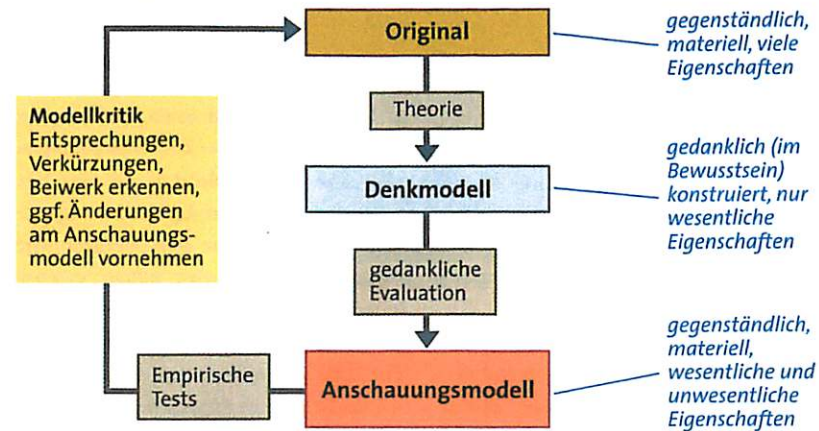
- Entsprechungen: angemessen abgebildete Eigenschaften,
- Verkürzungen: nicht angemessen abgebildete Eigenschaften,

– Beiwerk: theoretisch überflüssige (aber praktisch notwendige) Eigenschaften. Ein Modell muss dem Original in den wesentlichen Eigenschaften entsprechen. Diese müssen adäquat und auf das Wesentliche reduziert sowie exakt genug sein, um in einem definierten Bereich Vorhersagen über das Original zuzulassen (Kriterien der Entsprechung, Adäquatheit, Fruchtbarkeit).

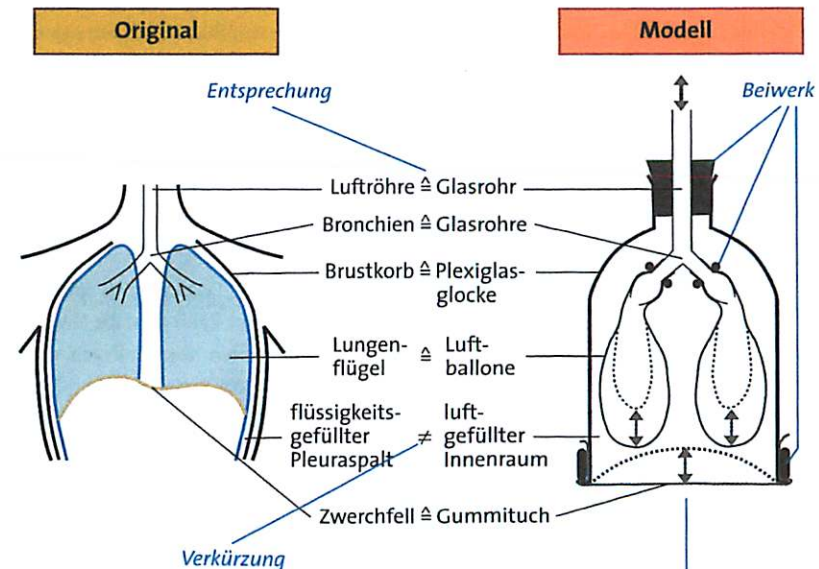
Lernen mit Modellen

Anschauungsmodelle sind dann leicht zu verstehen, wenn sie als Homologmodelle – wie bei einem Organmodell – das reale Objekt möglichst naturgetreu darstellen. Der Umgang mit Analogmodellen ist schwieriger, wenn lediglich funktionale Ähnlichkeiten – wie beim Vergleich von Auge und Kamera – abgebildet werden. Lernende sehen Modelle oft als naturgetreue Kopie der Realität an, die durch Veranschaulichung zum Verständnis unbekannter Sachverhalte beitragen. Die theoretische Funktion von Modellen im Erkenntnisprozess bleibt vielen Lernenden unklar. Zur Entwicklung einer Modellkompetenz gehören das Reflektieren über Modelle sowie Fähigkeiten zum Umgang mit Modellen. Dafür sollten Vorstellungen zu folgenden Aspekten entwickelt werden: Eigenschaften von Modellen, ihr Theoriegehalt, ihre Zweckgebundenheit. Beim Umgang mit Modellen geht es um Fähigkeiten, diese Kenntnisse anzuwenden und zu einer überlegten Auswahl, Anwendung und Bewertung von Modellen zu kommen.

Modellbildung



Modellkritik am Beispiel Zwerchfellatmung



Weitere Verkürzungen: Material des Funktionsmodells entspricht nicht dem Original; Größenverhältnisse stimmen nicht. Das Zwerchfell entspannt sich beim Ausatmen, im Modell wird die Gummihaut bei der üblichen Handhabung gespannt.

Einteilung ...

... nach Realitäts-
bereichen

... nach den ab-
gebildeten
Eigenschaften

... nach den
Dimensionen der
Abbildungen

... nach der Art der
Entsprechung von
Original und Modell

... nach dem
Einsatzgebiet

Modelle

ideell

materiell

Denkmodelle

Anschauungsmodelle

Dynamik

Statik

Funktionsmodelle

Strukturmodelle

flache (zweidi-
mensionale) Modelle

dreidimensionale
Modelle

Abbildung entspricht

theoretischem
Konstrukt

gegenständlichem Original

in einzelnen
Teilen

als Ganzes

Konstrukt-
modelle

Analog-
modelle

Homolog-
modelle

biologische Forschung
(= objektiv unbekannte
Sachverhalte)

Biologieunterricht
(= subjektiv unbekannte
Sachverhalte)

Forschungsmodelle

Erkundungsmodelle Erklärungsmodelle

Definition:

Modelle sind vereinfachte ideelle oder materielle Abbildungen der Wirklichkeit als Ganzes, eines Ausschnittes oder bestimmter Zusammenhänge der Wirklichkeit, die der Veranschaulichung wesentlicher Struktur- und Funktionsmerkmale originaler Objekte oder Vorgänge dienen.

(nach Meyer, Hubertus, 1990)

Die Benutzung vereinfachender Denkmodelle, die ein teilweises Verstehen ermöglichen, ist ein notwendiger Trick des menschlichen Denksystems, um mit Sachverhalten fertig zu werden, die seine Kapazität eigentlich überschreiten.

(nach Steinbruch, 1977)

Wie entstehen Modelle?**1. Phase des Sammelns und Auswerten von Daten.**

Beobachten, experimentieren, theoretische Annahmen bilden.

2. Gedankliche Phase

Theoretische, gedankliche Konstruktion einer Modellvorstellung.

3. Sprachliche Phase

Formulierung der Modellvorstellung

4. Phase des "Begreifens"

Apparative Konstruktion der Modellvorstellung, prüfen auf Schlüssigkeit einzelner Teile des Modells.

5. Phase der bildlichen Darstellung

Schematische, bildliche Darstellung des apparativen Modells. Hilfen zur Veranschaulichung werden gebildet.

Funktionalität von Modellen**Was ermöglichen Modelle?**

- **Transfer zur Wirklichkeit – Vorhersagen**
 - Die Arbeit mit Strukturen oder Vorgängen wird möglich, weil der Umgang mit der originalen Struktur unmöglich, zu komplex oder zu zeitaufwändig ist.
 - Umgang mit Modellen ist ein wichtiger Denkerziehungsprozess.

Welchen Zweck hat das Modell?

Welche Funktion lässt sich mit dem Modell veranschaulichen?

- Welche Hypothese lässt sich mit dem Modell überprüfen?
- Welche Vorhersage lässt sich mit dem Modell machen?

•

Modellanwendung**Wie geht man mit Modellen um?**

- Gefahr: Naive Gleichsetzung von Modell und Wirklichkeit.
- Zur Dankprozessschulung die Schüler immer dazu anregen, eigene Modellvorstellungen zu entwickeln.

Welche Untersuchung kann mit dem Modell durchgeführt werden?**Welche Modelle eignen sich für die Untersuchung?**

• •

„Grenzen“ von Modellen

Modellkritik ist ein grundsätzlicher Bestandteil jedes Modelleinsatzes.

Welche Grenzen hat das Modell? – Welche

Idealisierungen/Vereinfachungen liegen vor? – Welches Modell gibt neue Erkenntnisse adäquat wieder? – Welche Aspekte können von dem Modell erklärt werden? – Welche Aspekte vernachlässigt das Modell?
– Welche neuen Erkenntnisse führen zu einer Überarbeitung des Modells?

Beurteilung verschiedener Modelle – Modellkritik

Beurteilen Sie ein von Ihnen hergestelltes oder im Unterricht verwendetes Modell kritisch in Hinblick auf die seine Qualität:

1. Welche Merkmale sind akzentuiert und abgebildet?
2. Wo sind Entsprechungen zum Original vorhanden? Wo nicht?
3. In welchen Bereichen ist das Modell falsch? (Regel: Ein Modell ist immer „falsch“ oft in mehreren Aspekten).
4. Trägt das Modell zur Lösung einer Fragestellung bei?
5. Lassen sich mit dem Modell Prognosen erstellen?
6. Fördert das Modell das naturwissenschaftliche Verständnis?
7. Steht der Aufwand zur Herstellung (Materialsuche, Herstellungsprozess, Preis) in einen Verhältnis zum Erfolg der Anwendung?
8. Sind die Anforderungskriterien erfüllt? Ist es ein gutes Modell?

„Modellfallen“

Bei der Verwendung von Modell besteht die Gefahr, dass falsche Denkmodell gefördert werden, wenn z.B. ein Modell so einfach und anschaulich ist, dass es mit der Realität verwechselt wird oder dass eine falsche Vorstellung gefördert wird. Gute Modelle fördern Vorstellungen, die zwar einfach, aber im Wesentlichen richtig sind und sich erweitern lassen.

Diskutieren Sie folgende Aussagen:

- a) „Modell sind Konstruktionen auf Zeit“ (Popper, 1976)
- b) „Ein Modell ist eine anschauliche Darstellung und Erklärung eines Sachverhalts.“

Metaphern und Analogien – ein Spezialfall von Modellen

Naturwissenschaftlich Erkenntnis kann sehr oft, besonders auch im Unterricht, durch die Verwendung von Analogien gewonnen werden. Dies bedeutet, das Ähnlichkeiten zu Bekanntem gesucht werden und durch Vergleich mit Bekanntem unbekannten Sachverhalte erschlossen werden und „verstanden“ werden, z.B. kann die Regulierung des Blutzuckers mit der Temperaturregelung in einem Haus mittels eines Thermostaten verglichen werden oder das Funktionieren einer Zelle mit einer Fabrik analogisiert werden. Es lassen sich begriffliche Analogien, bildhaft und sprachliche Analogien sowie experimentelle Analogien unterscheiden.

- Begrifflich Analogien werden als sog. Metaphern (Übertragungen) bezeichnet:
 - o Wörter werden nicht in ihrer ursprünglichen Bedeutung, sondern im übertragenen Sinn verwendet, z.B. „die Schwanzflosse ist der Motor des Fisches“ (für die Beschreibung des Antriebs) oder „die Zelle ist eine chemische Fabrik“.

- Als Analogie kann ein Sachverhalt auch bildlich durch eine konkrete Geschichte dargestellt werden oder sprachlich formuliert werden, z.B. in form eines Gleichnisses oder einer Parabel (die Entsprechungen sind verschlüsselt dargestellt, sie müssen von den Lesenden selbst aus der Geschichte erschlossen werden).
- Experimentielle Analogien sind z.B. Modellversuche, bei welchen bestimmte Prozesse modellhaft mit einem Experiment dargestellt werden, z.B. die Wirkung von Abwasmittel auf Fette (Emulgation).
 - o Auch Rollenspiele zu naturwissenschaftlichen Prozessen sind Analogien.

Voraussetzung für das Funktionieren von Analogien ist die Vertrautheit mit dem Bekannten.

ÄHNLICH ist immer eine ungenaue Bezeichnung, deshalb ist es gerade bei der Verwendung von Analogien wichtig, eine sorgfältige Modellkritik zu üben.

CHANCEN und SCHWIERIGKEITEN von Modell im Unterricht

Im Unterricht dienen Modelle zwei Aspekten:

- Es sind Beispiele für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess.
- Es sind Hilfsmittel zur Unterstützung von Lern- und Verständnisprozessen.

Beispiele für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess:

Das Erlernen und Verstehen naturwissenschaftlicher Prozesse ist ohne Modellvorstellungen, ohne Denkmodelle nicht möglich. Die Modellbildung und die Arbeit mit Denkmodellen gehören also unabdingbar zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess und sollen auch im Unterricht geübt werden. Gedankenmodelle, die auf Hypothesen beruhen, werden durch Experimente widerlegt oder bestätigt. Daraus können Theorien entwickelt werden, Mit der Modellbildung kann auch eine präzise Begriffsbildung erfolgen, und Modellbildung und Modellanwendung ermöglichen erst das Verständnis für Systeme und systemisches Denken.

Arbeitsweisen im Unterricht, die die Erkenntnisfunktion von Modell fördern:

Tätigkeiten im Unterricht	Funktionen im Erkenntnisprozess
<i>Abstrahieren</i>	In der Komplexität der Realität allgemeine Zusammenhänge entdecken
<i>Idealisieren</i>	Konstruieren von Begriffen
<i>Symbolisieren</i>	Kurzschreibweisen, Darstellungen von Begriffen, Gesetzen durch Buchstaben oder Zahlen
<i>Gedankenmodell bilden</i>	Grundlagen für wissenschaftliche Experimente schaffen
<i>Theoretisches Modell entwickeln</i>	Zusammenhänge erschließen
<i>Gegenständliche Modell einsetzen</i>	Veranschaulichen, Darstellung
<i>Analogien bilden</i>	Theoretische Zusammenhänge durch vertraute Kontexte erschließen
<i>Elementarisieren</i>	Vereinfachen und ordnen

Hilfsmittel zur Unterstützung von Lern- und Verständnisprozessen:

Wissenschaftliche Untersuchung zeigen, dass Kinder und Jugendliche Modelle oft als Abbild von Wirklichkeit verstehen und nicht als Hilfskonstruktionen, die das Lernen und Erklären erleichtern. Es ist deshalb wichtig, mit Schülerinnen und Schülern das Lernen mithilfe von Modellen kontinuierlich durchzuführen und bei allen Modellen (Abbildungen, Grafiken, Anschauungsmodellen ect.) die Modellkritik zu üben, damit die Grenzen der Modellkonstruktion verstanden werden.

Modellkompetenz in den Bildungsstandards

Modellkompetenz ist ein System aus Kenntnissen und Fähigkeiten, das zur Disposition der Lernenden führt, Anforderungen im Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen auf schulischem Niveau zu bewältigen. Dazu gehören Modell- und Wissenschaftsverständnis ebenso wie Kompetenzen und Bezug auf konkrete Anschauungsmodelle.

Aspekte von Modellverständnis	Kompetenzen
Definition des Begriffs „Modell“	Zwischen Modell und Original vergleichen können
Unterschiede zwischen Erfahrungs- und Modellwelt	Modell und Original parallelisieren können
Unterschiedliche Modelltypen	Den Anwendungsbereich eines Modells bestimmen können
Unterschiede zwischen Alltags- und naturwissenschaftlichen Modellen	Die Grenzen eines Modells bestimmen können
Zweck von Modell	Modell adäquat auswählen können
Modellbildung	Eine Hypothese zu einem Modell aufstellen
Rolle von Modell im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess: Veränderbarkeit und multiple Modelle	Modell erweitern können, Modelle für verschiedene Zwecke gezielt einsetzen können

Auf Modellen basierendes Denken verbindet intuitives Wissen und Wissenschaft. Intuitive Denkmodelle von Schülerinnen und Schülern, sogenannte Präkonzepte, werden durch den Erwerb von Modellkompetenz in Richtung der wissenschaftlichen Denkmodelle verändert. Es entsteht ein Konzeptwechsel (Conceptual Change).



Aufgabe:

Nenne Sie drei Aspekte von Modellkompetenz, die Sie in einer Klassenstufe, in der Sie unterrichten, erreichen möchten.

1. Was sind Modelle?

- **Modelle sind Hilfsmittel zur Erkenntnisgewinnung.**
- **Bilden die Wirklichkeit ab!**
- **Modelle sind in der Biologie unverzichtbar!**
- **Definition:**
 - Modelle sind vereinfachte ideelle oder materielle Abbildungen der Wirklichkeit als Ganzes, eines Ausschnittes oder bestimmter Zusammenhänge der Wirklichkeit, die der Veranschaulichung wesentlicher Struktur- und Funktionsmerkmale originaler Objekte oder Vorgänge dienen.
 - Die Benutzung vereinfachender Denkmodelle, die ein teilweises Verstehen ermöglichen, ist ein notwendiger Trick des menschlichen Denksystems, um mit Sachverhalten fertig zu werden, die seine Kapazität eigentlich überschreiten (*nach Steinbruch, 1977*).
- **Hauptmerkmale von allen Modellen (Stachowiak, 1973):**
 - **Abbildungsmerkmal:** Modelle sind stets Modell von etwas!
 - **Verkürzungsmerkmal:** Modell erfassen nur solche Attribute des Untersuchungsgegenstandes, die den Modellschaffern (oder –nutzern) relevant erscheinen.
 - **Pragmatisches Merkmal:** Modelle sind subjekt-, zeit- und zweckgebunden.
- **Beispiele für Modelle:**
 - Membranmodell, Klimamodell der CO₂-Wirkung, Vergleich Herz mit Pumpe, Mendel Regeln, Volterra-Gesetze, Chemische Reaktionsgleichungen, Stammbäume, DNA-Modelle, Torso, Jacob-Monod-Modell, Vergleich Auge mit Fotoapparat, Psychohydraulisches Instinktmodell, Endosymbiontenhypothese, Hardy-Weinberger-Gesetz, Zellmodelle, Schemazeichnungen, Symbole für chemische Stoffe, Blütenmodelle, Herzmodell, Flügelschlag bei Insekten, Simulation von evolutiven Vorgängen

2. Wie entstehen Modelle?

1. Phase des Sammelns und Auswerten von Daten.

Beobachten, experimentieren, theoretische Annahmen bilden.

2. Gedankliche Phase

Theoretische, gedankliche Konstruktion einer Modellvorstellung.

3. Sprachliche Phase

Formulierung der Modellvorstellung

4. Phase des "Begreifens"

Apparative Konstruktion der Modellvorstellung, prüfen auf Schlüssigkeit einzelner Teile des Modells.

5. Phase der bildlichen Darstellung

Schematische, bildliche Darstellung des apparativen Modells. Hilfen zur Veranschaulichung werden gebildet.

3. Funktionalität von Modellen

- **Was ermöglichen Modelle?**
 - **Transfer zur Wirklichkeit**
 - **Vorhersagen**
 - **Die Arbeit mit Strukturen oder Vorgängen wird möglich, weil der Umgang mit der originalen Struktur unmöglich, zu komplex oder zu zeitaufwändig ist.**
 - **Umgang mit Modellen ist ein wichtiger Denkerziehungsprozess.**
- **Welchen Zweck hat das Modell?**
 - **Welche Funktion lässt sich mit dem Modell veranschaulichen?**
 - **Welche Hypothese lässt sich mit dem Modell überprüfen?**
 - **Welche Vorhersage lässt sich mit dem Modell machen?**
 -

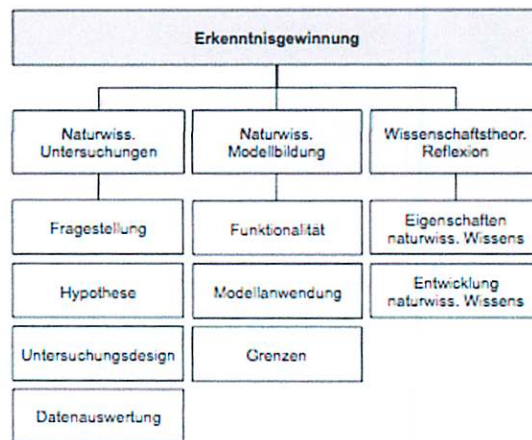
4. Modellanwendung

- **Wie geht man mit Modellen um?**
 - **Gefahr: Naive Gleichsetzung von Modell und Wirklichkeit.**
 - **Zur Denkprozessschulung die Schüler immer dazu anregen, eigene Modellvorstellungen zu entwickeln.**
- **Welche Untersuchung kann mit dem Modell durchgeführt werden?**
- **Welche Modelle eignen sich für die Untersuchung?**

5. „Grenzen“ von Modellen

- **Modellkritik ist ein grundsätzlicher Bestandteil jedes Modelleinsatzes.**
- **Welche Grenzen hat das Modell?**
 - **Welche Idealisierungen/Vereinfachungen liegen vor?**
 - **Welches Modell gibt neue Erkenntnisse adäquat wieder?**
 - **Welche Aspekte können von dem Modell erklärt werden?**
 - **Welche Aspekte vernachlässigt das Modell?**
 - **Welche neuen Erkenntnisse führen zu einer Überarbeitung des Modells?**

Erkenntnisgewinnung - Modelle



Modelle:

Aspekt „Funktionalität“ von Modellen

Im Modellbildungsprozess ist die Funktionalität eines Modells ein wesentlicher Aspekt, da in Abhängigkeit vom Zweck, den das Modell erfüllen soll, nur wesentliche Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes repräsentiert werden. Lernende sehen Modelle jedoch oft als naturgetreue Kopie der Realität, die der Visualisierung dienen und das Verständnis unbekannter Sachverhalte erleichtern sollen. Der deskriptive Aspekt von Modellen (Anschauungsfunktion) steht beim schulischen Lehren und Lernen im Vordergrund, während die Rolle von Modellen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess als Denk- und Forschungswerkzeug nicht erkannt wird. Innerhalb des Aspektes „Funktionalität“ werden Kriterien zum Modellbildungsprozess erfasst, die einen Bezug zur Frage und Hypothese beim wissenschaftlichen Untersuchen aufweisen: die Funktion der Modelle und damit der inhaltliche Zweck der Modellbildung.

Aspekt „Modellanwendung“

Wer bezüglich der Funktion von Modellen verstanden hat, dass Modelle über ihren Abbildungscharakter und eine Erklärungsebene hinaus im Forschungsprozess eingesetzt werden, der wird Modelle im Vergleich mit dem Untersuchungsgegenstand testen und prüfen. Die zweckgebundene Entsprechung von Modell und Original wird durch empirische Daten (Beobachtungen am Modell und am Original) im Rahmen von Untersuchungen mit Modellen durchgeführt (noch keine Schlussfolgerungen). Hierbei werden entweder mit den Modellen selbst Daten gewonnen (z.B. Funktionsmodelle der Wirbelsäule) oder mit Hilfe der Originale empirische Tests durchgeführt und mit den Eigenschaften des Modells verglichen (z.B. bei systemtheoretischen Modellen, die Stoffkreisläufe simulieren).

Damit Schüler Modelle sinnvoll einsetzen, müssen sie einerseits über die Fähigkeit verfügen, zwischen Modell- und Realitätsebene zu unterscheiden und andererseits erfassen, wann Modelle zum Überprüfen von Hypothesen und Fragestellungen geeignet sind.

Aspekt „Grenzen“ von Modellen

Modelle sind keine Kopien der Realität. Ein Modell muss zweckgebunden ausgewählte Eigenschaften repräsentieren, diese müssen adäquat und auf das Wesentliche reduziert sowie exakt genug sein, um in einem definierten Bereich Vorhersagen über den Untersuchungsgegenstand zuzulassen (Kriterien der Entsprechung, Adäquatheit, Effektivität). Daneben besitzen Modelle auch unwesentliche Eigenschaften, Verkürzungen sowie Beiwerk. Schüler haben jedoch Schwierigkeiten, zwischen Modell- und Realitätsebene zu differenzieren. Das führt häufig zu einem Modell-Realitäts-Gemisch in der Argumentation. Folgende Eigenschaften des Modells müssen von den Schülerinnen und Schülern identifiziert bzw. kognitiv verarbeitet werden:

- Entsprechungen: angemessen abgebildete Eigenschaften,
- Verkürzungen: nicht angemessen abgebildete Eigenschaften,
- Beiwerk: theoretisch überflüssige (aber praktisch notwendige) Eigenschaften

Ist die Prüfung erfolgt, können unter diesem Aspekt auch noch Optimierungen und Veränderungen am Modell vorgenommen werden.

Beurteilung verschiedener Modelle – Modellkritik

Beurteilen Sie ein von Ihnen hergestelltes oder im Unterricht verwendetes Modell kritisch in Hinblick auf die seine Qualität:

1. Welche Merkmale sind akzentuiert und abgebildet?
2. Wo sind Entsprechungen zum Original vorhanden? Wo nicht?
3. In welchen Bereichen ist das Modell falsch? (Regel: Ein Modell ist immer „falsch“ oft in mehreren Aspekten).
4. Trägt das Modell zur Lösung einer Fragestellung bei?
5. Lassen sich mit dem Modell Prognosen erstellen?
6. Fördert das Modell das naturwissenschaftliche Verständnis?
7. Steht der Aufwand zur Herstellung (Materialsuche, Herstellungsprozess, Preis) in einen Verhältnis zum Erfolg der Anwendung?
8. Sind die Anforderungskriterien erfüllt? Ist es ein gutes Modell?

„Modellfallen“

Bei der Verwendung von Modell besteht die Gefahr, dass falsche Denkmodell gefördert werden, wenn z.B. ein Modell so einfach und anschaulich ist, dass es mit der Realität verwechselt wird oder dass eine falsche Vorstellung gefördert wird. Gute Modelle fördern Vorstellungen, die zwar einfach, aber im Wesentlichen richtig sind und sich erweitern lassen.

Diskutieren Sie folgende Aussagen:

- a) „Modell sind Konstruktionen auf Zeit“ (Popper, 1976)
- b) „Ein Modell ist eine anschauliche Darstellung und Erklärung eines Sachverhalts.“

Metaphern und Analogien – ein Spezialfall von Modellen

Naturwissenschaftlich Erkenntnis kann sehr oft, besonders auch im Unterricht, durch die Verwendung von Analogien gewonnen werden. Dies bedeutet, das Ähnlichkeiten zu Bekanntem gesucht werden und durch Vergleich mit Bekanntem unbekannten Sachverhalte erschlossen werden und „verstanden“ werden, z.B. kann die Regulierung des Blutzuckers mit der Temperaturregelung in einem Haus mittels eines Thermostaten verglichen werden oder das Funktionieren einer Zelle mit einer Fabrik analogisiert werden. Es lassen sich begriffliche Analogien, bildhaft und sprachliche Analogien sowie experimentelle Analogien unterscheiden.

- Begrifflich Analogien werden als sog. Metaphern (Übertragungen) bezeichnet:
 - o Wörter werden nicht in ihrer ursprünglichen Bedeutung, sondern im übertragenen Sinn verwendet, z.B. „die Schwanzflosse ist der Motor des Fisches“ (für die Beschreibung des Antriebs) oder „die Zelle ist eine chemische Fabrik“.

- Als Analogie kann ein Sachverhalt auch bildlich durch eine konkrete Geschichte dargestellt werden oder sprachlich formuliert werden, z.B. in form eines Gleichnisses oder einer Parabel (die Entsprechungen sind verschlüsselt dargestellt, sie müssen von den Lesenden selbst aus der Geschichte erschlossen werden).
- Experimentielle Analogien sind z.B. Modellversuche, bei welchen bestimmte Prozesse modellhaft mit einem Experiment dargestellt werden, z.B. die Wirkung von Abwasmittel auf Fette (Emulgation).
 - o Auch Rollenspiele zu naturwissenschaftlichen Prozessen sind Analogien.

Voraussetzung für das Funktionieren von Analogien ist die Vertrautheit mit dem Bekannten.

ÄHNLICH ist immer eine ungenaue Bezeichnung, deshalb ist es gerade bei der Verwendung von Analogien wichtig, eine sorgfältige Modellkritik zu üben.

CHANCEN und SCHWIERIGKEITEN von Modell im Unterricht

Im Unterricht dienen Modelle zwei Aspekten:

- Es sind Beispiele für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess.
- Es sind Hilfsmittel zur Unterstützung von Lern- und Verständnisprozessen.

Beispiele für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess:

Das Erlernen und Verstehen naturwissenschaftlicher Prozesse ist ohne Modellvorstellungen, ohne Denkmodelle nicht möglich. Die Modellbildung und die Arbeit mit Denkmodellen gehören also unabdingbar zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess und sollen auch im Unterricht geübt werden. Gedankenmodelle, die auf Hypothesen beruhen, werden durch Experimente widerlegt oder bestätigt. Daraus können Theorien entwickelt werden. Mit der Modellbildung kann auch eine präzise Begriffsbildung erfolgen, und Modellbildung und Modellanwendung ermöglichen erst das Verständnis für Systeme und systemisches Denken.

Arbeitsweisen im Unterricht, die die Erkenntnisfunktion von Modell fördern:

Tätigkeiten im Unterricht	Funktionen im Erkenntnisprozess
<i>Abstrahieren</i>	In der Komplexität der Realität allgemeine Zusammenhänge entdecken
<i>Idealisieren</i>	Konstruieren von Begriffen
<i>Symbolisieren</i>	Kurzschreibweisen, Darstellungen von Begriffen, Gesetzen durch Buchstaben oder Zahlen
<i>Gedankenmodell bilden</i>	Grundlagen für wissenschaftliche Experimente schaffen
<i>Theoretisches Modell entwickeln</i>	Zusammenhänge erschließen
<i>Gegenständliche Modell einsetzen</i>	Veranschaulichen, Darstellung
<i>Analogien bilden</i>	Theoretische Zusammenhänge durch vertraute Kontexte erschließen
<i>Elementarisieren</i>	Vereinfachen und ordnen

Hilfsmittel zur Unterstützung von Lern- und Verständnisprozessen:

Wissenschaftliche Untersuchung zeigen, dass Kinder und Jugendliche Modelle oft als Abbild von Wirklichkeit verstehen und nicht als Hilfskonstruktionen, die das Lernen und Erklären erleichtern. Es ist deshalb wichtig, mit Schülerinnen und Schülern das Lernen mithilfe von Modellen kontinuierlich durchzuführen und bei allen Modellen (Abbildungen, Grafiken, Anschauungsmodellen ect.) die Modellkritik zu üben, damit die Grenzen der Modellkonstruktion verstanden werden.

Modellkompetenz in den Bildungsstandards

Modellkompetenz ist ein System aus Kenntnissen und Fähigkeiten, das zur Disposition der Lernenden führt, Anforderungen im Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen auf schulischem Niveau zu bewältigen. Dazu gehören Modell- und Wissenschaftsverständnis ebenso wie Kompetenzen und Bezug auf konkrete Anschauungsmodelle.

Aspekte von Modellverständnis	Kompetenzen
Definition des Begriffs „Modell“	Zwischen Modell und Original vergleichen können
Unterschiede zwischen Erfahrungs- und Modellwelt	Modell und Original parallelisieren können
Unterschiedliche Modelltypen	Den Anwendungsbereich eines Modells bestimmen können
Unterschiede zwischen Alltags- und naturwissenschaftlichen Modellen	Die Grenzen eines Modells bestimmen können
Zweck von Modell	Modell adäquat auswählen können
Modellbildung	Eine Hypothese zu einem Modell aufstellen
Rolle von Modell im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess: Veränderbarkeit und multiple Modell	Modell erweitern können, Modelle für verschiedene Zwecke gezielt einsetzen können

Auf Modellen basierendes Denken verbindet intuitives Wissen und Wissenschaft. Intuitive Denkmodelle von Schülerinnen und Schülern, sogenannte **Präkonzepte**, werden durch den Erwerb von Modellkompetenz in Richtung der wissenschaftlichen Denkmodelle verändert. Es entsteht ein Konzeptwechsel (Conceptual Change).



Aufgabe:

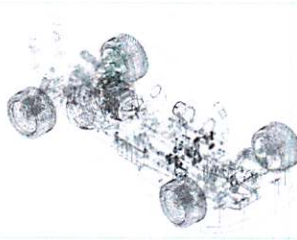
Nenne Sie drei Aspekte von Modellkompetenz, die Sie in einer Klassenstufe, in der Sie unterrichten, erreichen möchten.

6. Klassifikation von Modellen

Lit: Meyer, Hubertus: Unterricht Biologie: Modelle, Heft 160, Friedrich-Verlag, Seelze 1990.

Idealisierungen/Vereinfachungen liegen vor? – Welches Modell gibt neue Erkenntnisse adäquat wieder? – Welche Aspekte können von dem Modell erklärt werden? – Welche Aspekte vernachlässigt das Modell?
– Welche neuen Erkenntnisse führen zu einer Überarbeitung des Modells?

Modelle



Gliederung

1. Was sind Modelle?
2. Wie entstehen Modelle?
3. Modelle und Erkenntnisgewinnung
 - Funktionalität von Modellen
 - Modellanwendung
 - „Grenzen“ von Modellen
4. Klassifikation von Modellen



1. Was sind Modelle?

- Modelle sind Hilfsmittel zur Erkenntnisgewinnung!
- Bilden die Wirklichkeit ab!
- Modelle sind in der Biologie **unverzichtbar**!

1. Was sind Modelle?

Definition:

Modelle sind vereinfachte ideelle oder materielle Abbildungen der Wirklichkeit als Ganzes, eines Ausschnittes oder bestimmter Zusammenhänge der Wirklichkeit, die der Veranschaulichung wesentlicher Struktur- und Funktionsmerkmale originaler Objekte oder Vorgänge dienen.

(nach Meyer, Hubertus, 1990)



1. Was sind Modelle?

Definition:

Die Benutzung *vereinfachender* Denkmodelle, die ein teilweises Verstehen ermöglichen, ist ein notwendiger Trick des menschlichen Denksystems, um mit Sachverhalten fertig zu werden, die seine Kapazität eigentlich überschreiten.

(nach Steinbruch, 1977)

Was sind Modelle?

– Hauptmerkmale von allen Modellen (Stachowiak, 1973):

Abbildungsmerkmal:

Modelle sind stets Modell von etwas!

Verkürzungsmerkmal:

Modell erfassen nur solche Attribute des Untersuchungsgegenstandes, die den Modellschaffern (oder –nutzern) relevant erscheinen.

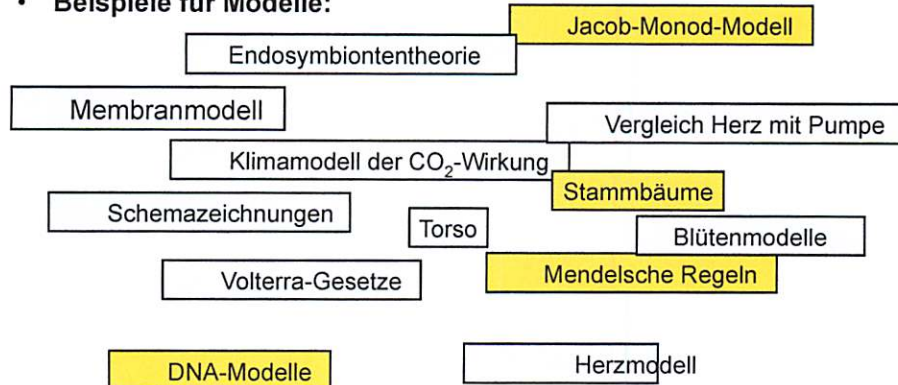
Pragmatisches Merkmal:

Modelle sind subjekt-, zeit- und zweckgebunden.



1. Was sind Modelle?

- Beispiele für Modelle:



IQSH Studienleiter BIO Gym

7

IQSH

2. Wie entstehen Modelle?

1. Phase des Sammelns und Auswerten von Daten.

Beobachten, experimentieren, theoretische Annahmen bilden.

2. Gedankliche Phase

Theoretische, gedankliche Konstruktion einer Modellvorstellung.

3. Sprachliche Phase

Formulierung der Modellvorstellung

4. Phase des "Begreifens"

Apparative Konstruktion der Modellvorstellung, prüfen auf Schlüssigkeit einzelner Teile des Modells.

5. Phase der bildlichen Darstellung

Schematische, bildliche Darstellung des apparativen Modells. Hilfen zur Veranschaulichung werden gebildet.

IQSH Studienleiter BIO Gym

8

IQSH



3. Modelle und Erkenntnisgewinnung

Funktionalität von Modellen

- Was ermöglichen Modelle?
 - Transfer zur Wirklichkeit
 - Vorhersagen
 - Komplexität des Originals wird reduziert
 - Umgang mit Modellen ist **ein wichtiger Denkerziehungsprozess**.
- Welchen Zweck hat das Modell?
 - Welche Funktion lässt sich mit dem Modell veranschaulichen?
 - Welche Hypothese lässt sich mit dem Modell überprüfen?
 - Welche Vorhersage lässt sich mit dem Modell machen?

IQSH Studienleiter BIO Gym

9

IQSH

3. Modelle und Erkenntnisgewinnung

Modellanwendung

- Wie geht man mit Modellen um?
 - Gefahr: Naive Gleichsetzung von Modell und Wirklichkeit.
 - Schulung von Denkprozessen bei Schüler
 - Entwicklung eigener Modellvorstellungen
- Welche Modelle eignen sich für die Erkenntnisgewinnung?

IQSH Studienleiter BIO Gym

10

IQSH

3. Modelle und Erkenntnisgewinnung

„Grenzen“ von Modellen

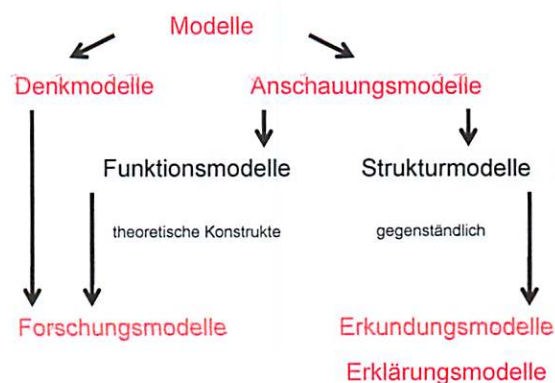
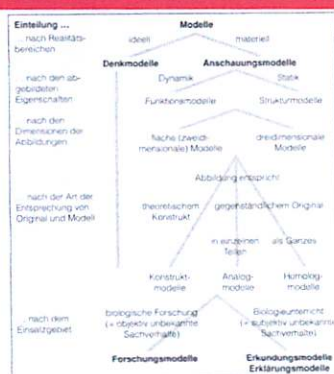
- **Modellkritik ist ein grundsätzlicher Bestandteil jedes Modelleinsatzes.**
- **Welche Grenzen hat das Modell?**
 - Welche Idealisierungen/Vereinfachungen liegen vor?
 - Welches Modell gibt neue Erkenntnisse adäquat wieder?
 - Welche Aspekte können von dem Modell erklärt werden?
 - Welche Aspekte vernachlässigt das Modell?
 - Welche neuen Erkenntnisse führen zu einer Überarbeitung des Modells?

IQSH Studienleiter BIO Gym

11

IQSH

4. Klassifikation von Modellen



Lit: Meyer, Hubertus: Unterricht Biologie: Modelle, Heft 160, Friedrich-Verlag, Seelze 1990.

IQSH Studienleiter BIO Gym

12

IQSH

Ich bin doch kein Modell?
denn ich bin doch wirklich da
- oder?

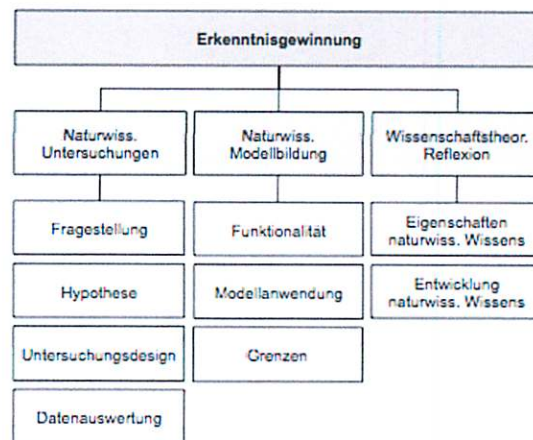


IQSH Studienleiter BIO Gym

13

IQSH

Erkenntnisgewinnung - Modelle



Modelle:

Aspekt „Funktionalität“ von Modellen

Im Modellbildungsprozess ist die Funktionalität eines Modells ein wesentlicher Aspekt, da in Abhängigkeit vom Zweck, den das Modell erfüllen soll, nur wesentliche Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes repräsentiert werden. Lernende sehen Modelle jedoch oft als naturgetreue Kopie der Realität, die der Visualisierung dienen und das Verständnis unbekannter Sachverhalte erleichtern sollen. Der deskriptive Aspekt von Modellen (Anschauungsfunktion) steht beim schulischen Lehren und Lernen im Vordergrund, während die Rolle von Modellen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess als Denk- und Forschungswerkzeug nicht erkannt wird. Innerhalb des Aspektes „Funktionalität“ werden Kriterien zum Modellbildungsprozess erfasst, die einen Bezug zur Frage und Hypothese beim wissenschaftlichen Untersuchen aufweisen: die Funktion der Modelle und damit der inhaltliche Zweck der Modellbildung.

Aspekt „Modellanwendung“

Wer bezüglich der Funktion von Modellen verstanden hat, dass Modelle über ihren Abbildungscharakter und eine Erklärungsebene hinaus im Forschungsprozess eingesetzt werden, der wird Modelle im Vergleich mit dem Untersuchungsgegenstand testen und prüfen. Die zweckgebundene Entsprechung von Modell und Original wird durch empirische Daten (Beobachtungen am Modell und am Original) im Rahmen von Untersuchungen mit Modellen durchgeführt (noch keine Schlussfolgerungen). Hierbei werden entweder mit den Modellen selbst Daten gewonnen (z.B. Funktionsmodelle der Wirbelsäule) oder mit Hilfe der Originale empirische Tests durchgeführt und mit den Eigenschaften des Modells verglichen (z.B. bei systemtheoretischen Modellen, die Stoffkreisläufe simulieren).

Damit Schüler Modelle sinnvoll einsetzen, müssen sie einerseits über die Fähigkeit verfügen, zwischen Modell- und Realitätsebene zu unterscheiden und andererseits erfassen, wann Modelle zum Überprüfen von Hypothesen und Fragestellungen geeignet sind.

Aspekt „Grenzen“ von Modellen

Modelle sind keine Kopien der Realität. Ein Modell muss zweckgebunden ausgewählte Eigenschaften repräsentieren, diese müssen adäquat und auf das Wesentliche reduziert sowie exakt genug sein, um in einem definierten Bereich Vorhersagen über den Untersuchungsgegenstand zuzulassen (Kriterien der Entsprechung, Adäquatheit, Effektivität). Daneben besitzen Modelle auch unwesentliche Eigenschaften, Verkürzungen sowie Beiwerk. Schüler haben jedoch Schwierigkeiten, zwischen Modell- und Realitätsebene zu differenzieren. Das führt häufig zu einem Modell-Realitäts-Gemisch in der Argumentation. Folgende Eigenschaften des Modells müssen von den Schülerinnen und Schülern identifiziert bzw. kognitiv verarbeitet werden:

- Entsprechungen: angemessen abgebildete Eigenschaften,
- Verkürzungen: nicht angemessen abgebildete Eigenschaften,
- Beiwerk: theoretisch überflüssige (aber praktisch notwendige) Eigenschaften

Ist die Prüfung erfolgt, können unter diesem Aspekt auch noch Optimierungen und Veränderungen am Modell vorgenommen werden.