

# Einsatz von Modellen in der informatischen Bildung

von Jürgen Müller

Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, dass die denk-notwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände.

Heinrich Hertz

eine gegebene Problemstellung als wesentlich erachteten Charakteristika (Eigenschaften, Beziehungen usw.) eines Untersuchungsgegenstands heraus und machen diesen damit dem Verständnis bzw. einer weiterführenden Untersuchung zugänglich.

## Kleiner Exkurs:

### Eine kurze Geschichte des Verwendens von Modellen

Und David gab seinem Sohn Salomo ein Vorbild der Halle des Tempels und seiner Häuser und der Gemächer und Söller und Kammern inwendig [...], dazu Vorbilder alles dessen, was bei ihm in seinem Gemüt war, [...] auch ein Vorbild des Wagens, nämlich der goldenen Cherubim, daß sie sich ausbreiteten und bedeckten oben die Lade des Bundes des HERRN.

1. Chronik, Kapitel 28, Verse 11–18 (Lutherbibel 1912)

Vor jedem Rennen spielen wir den nächsten Kurs am Computer durch. Bislang hat mir das fast immer Glück gebracht ...

Lewis Hamilton (2008)

## Modelle in der Wissenschaft

Wissenschaftler bemühen sich zu verstehen, wie die Welt funktioniert. Dazu entwickeln sie oftmals ein Modell, mit dem als Gegenstand oder als gedachtes Objekt das Wissen über einen Teilbereich der Realität oder als Planung eine gewünschte Realität dargestellt werden kann, beispielsweise um dieses Wissen zu überprüfen oder die Realität besser zu verstehen. Modelle können deshalb völlig unterschiedliche Charaktere aufweisen, unter anderem:

- ▷ als ein vereinfachtes, abstraktes Abbild der Realität vor allem in wissenschaftlichen Disziplinen,
- ▷ als ein maßstabgetreues Modell zur Veranschaulichung eines Entwurfs in der Architektur,
- ▷ als Abbild eines Objekts im Modellbau,
- ▷ als mathematisches Modell, mit dem versucht wird, die wesentlichen Parameter von Phänomenen mathematisch zu erfassen und diese u. a. zur Vorhersage der beobachteten Systeme zu nutzen,
- ▷ als eine Nachbildung eines technischen Erzeugnisses in verkleinertem Maßstab in den Ingenieurwissenschaften,
- ▷ aber auch in der Informatik zum Beispiel als Datenmodell.

Der Begriff *Modell* leitet sich vom Lateinischen *modulus* (das Maß, der Maßstab) ab, im Italienischen existiert seit dem 16. Jahrhundert der Begriff *modello*, und René Descartes verwendete im 17. Jahrhundert *modèle*. Während der Begriff in Architektur und Kunst schon seit der Renaissance gängig ist, wurde er in den Naturwissenschaften erst im 19. Jahrhundert verwendet. Dort greifen wissenschaftliche Modelle die für

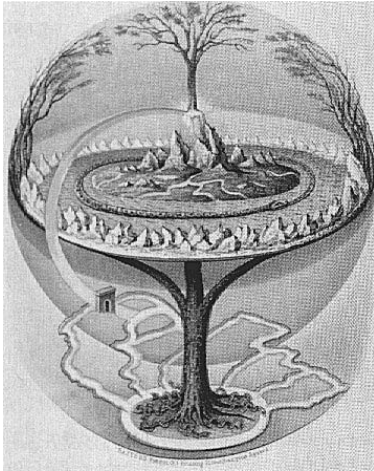
### Die Anfänge von Modellen als Denkhilfen

Fasst man den Modellbegriff in einer sehr weiten Bedeutung, dann ist das Denken in Modellen so alt wie die Menschheit selbst. Dies ist sowohl bei Bestattungsriten (Grabbeigaben usw.) als auch bei Jagdzauber, Beschwörungs- und Fruchtbarkeitsriten zu beobachten. Solche Riten waren oft verknüpft mit der Verwendung von Idolen und Schmuck oder auch bildhaften Darstellungen. Es ist daher wohl gut möglich, Magie im umfassenden Sinne als eine erste Form von Modelldenken aufzufassen.

Diese Ursprünge haben sich bis heute erhalten: In Japan bieten nicht nur Programmierer Schutz vor Viren und anderen Computerproblemen, sondern auch die Götter. Im Schrein *Kanda-Myojin* in Tokio kann man seinen geliebten Rechner zu den Priestern bringen, die dann unter Anwendung jahrhundertealter Zeremonien die Götter um Beistand für den schutzbedürftigen Computer anrufen.

Auch das Handwerk der Altsteinzeit weist Modellcharakter auf: Teilweise bearbeitete Feuersteine deuten darauf hin, dass vor Beginn der eigentlichen Bearbeitung zunächst eine Reihe von Rohlingen hergestellt

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/9/Yggdrasil.jpg>



**Bild 1: Die Erde als Scheibe, getragen von einer Esche namens Yggdrasil, dem Weltenbaum in der nordischen Mythologie, der den gesamten Kosmos verkörpert (Gemälde aus einer englischen Ausgabe der Snorra-Edda von 1847).**

wurde. Später haben sich diese Erfahrungen entwickelt zum Entwurf und zum Plan, und zwar dadurch, dass man verschiedene Verfahren zur Herstellung eines Gegenstands an Modellen oder Zeichnungen ausprobierete, anstatt sich gleich auf Versuche im Originalmaßstab zu verlassen.

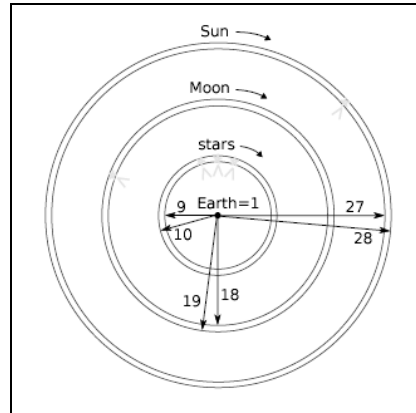
### Mythos und Mechanismus

Seit Beginn der Hochkulturen bilden Mythen eine zweite Art des Modelldenkens. Diese Modelle betreffen hauptsächlich Entstehung und Aufbau des Kosmos als Ganzem. Ein solcher Modell-Mythos ist die bekannte Darstellung der Erde als Scheibe, gehalten von der Weltenesche Yggdrasil (siehe Bild 1).

Allerdings gibt es auch Modelle für bestimmte „Ausschnitte“ der Welt. Solche Modelle waren „Konkretisierungen von Ideen oder Handlungen, die für primitive Religionen bedeutungsvoll waren“ (Stachowiak, 1983, S.19). Ein Beispiel dafür ist etwa das Totenschiff aus dem Alten Reich Ägyptens, das mit einem verstorbenen Pharao begraben wurde, damit er mit dem Boot den nächtlichen Sternenhimmel befahren konnte und selbst zum Stern wurde. Dieses Totenschiff diente nicht nur als Abbild eines Objekts, sondern war die Konkretisierung von abstrakten Ideen mit einem eigenen Mechanismus. Damit ist es wohl eines der ersten mechanischen Modelle eines nichtmechanischen Prozesses. Dieses Konzept hat sich bis heute bei der Verwendung von Modellen erhalten; häufig finden wir es bei der Veranschaulichung von schwer verständlichen Sachverhalten (siehe Bild 2).



**Bild 2: Nichtmechanische Prozesse als mechanische Modelle darzustellen hat eine lange Tradition – vom Totenschiff der Ägypter (oben: Sonnenboot des Cheops, ca. 2580 v. Chr.) bis zur Funktionsweise eines Computers (rechts: Ausschnitt der Erläuterung des EVA-Prinzips, 2006 n. Chr.).**



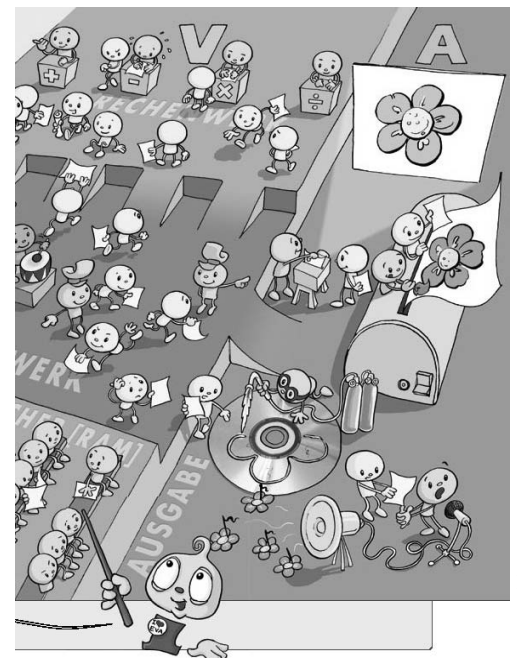
**Bild 3: Weltmodell von Anaximander (etwa um 610–546 v. Chr.).**

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Anaximander\\_cosmology-en.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Anaximander_cosmology-en.svg)

Später wurden die Modelltheorien weiter verfeinert; es fanden sich die Aspekte *Proportion* und *Gliederung*; etwa beim Weltmodell der konzentrischen Sphären der Planetenbewegung bei altgriechischen Philosophen wie Pythagoras oder Anaximander (siehe Bild 3). Auch diese Modelle gingen bald in mechanische Vorstellungen über und führten zum Bau von Planetarien oder astronomischen Rechenmaschinen wie dem um 150 bis 100 v. Chr. gebauten Mechanismus von Antikythera (Bild 4, nächste Seite; vgl. auch Koerber, 2006). Und diese dienten durchaus Bildungszwecken; so scheint schon die *Academia*, die antike Philosophenschule in Athen, solche technischen Modelle für das Studium der Astronomie eingeführt zu haben (vgl. Stachowiak, 1983, S.19)

### Entwicklung des Begriffs „Modell“

Im Unterschied zum Begriff *System*, der schon im antiken Griechenland auftaucht (als Gebilde, das aus mehreren Teilen zusammengesetzt ist und als Ganzes erscheint) ist *Modell* ein Lehnwort aus dem Lateinischen, verfügt jedoch über eine indogermanische Wurzel. Diese taucht im Griechischen auf als *metron* (Maß) und *medo, medomai* (ich denke an etwas, erwäge, Sorge für etwas). Die alten Römer gebrauchten rege die Wörter *modus* wie *mo-*



LOG-IN-Archiv (links)  
[http://www.kontaxis.de/upload/pdf/Arbeitsheft/AH-01\\_2006.pdf](http://www.kontaxis.de/upload/pdf/Arbeitsheft/AH-01_2006.pdf) (rechts)



**Bild 4:**  
**Mechanismus von Anti-  
kythera (Nachbau).**

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:NAMA\\_Machine\\_d%27Anticyth%C3%A8re\\_6.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:NAMA_Machine_d%27Anticyth%C3%A8re_6.jpg)

*dulus* und verwandte Wörter wie *moderor*, *modificor*, *modulation* in den Bereichen „Art und Weise“ sowie Form/Maß/Menge. Der Begriff *modulus* wurde von Vitruv (ca. 70/60 v. Chr. – 10 v. Chr.) in seinem Buch über die Baukunst als architektonisches Grundmaß eingefügt (vgl. Stachowiak, 1983, S.23). Dieses Wort ist mit zwei Bedeutungen ins Deutsche gekommen, als *Modul* und *Model*. Die von Karl dem Großen (ca. 747/748 – 814 n. Chr.) ins Land

geholten römischen und südfranzösischen Baumeister brachten *modulus* mit, als Maß für die Anlegung der Säulen und des Verhältnisses der einzelnen Teile derselben zueinander. In diesem strengen Sinn hat sich der Begriff Modul auch in der Neuzeit gehalten, z.B. als Bezeichnung für standardisierte Bauteile in der Technik.

Der Begriff *Modell* ist seit dem 10. Jahrhundert in freiem Gebrauch zu finden, meist allgemein als Muster, Form oder Vorbild, dabei ganz spezifisch als gewerbliche Musterform eines Objekts. Das kann eine Hohlform sein (Gruß-, Druck-, Backmodell), eine figürliche Form für Gewebe, Stickereien, Spitzen oder ein Schnittmuster.

Die Renaissance brachte die Entdeckung der Perspektive und der Plastik. Mit dem Wort *Modelli* wurden in dieser Epoche die künstlerischen Nachbildungen des Menschen aus Ton oder Wachs bezeichnet, die ihrerseits Vorbilder für die endgültige Skulptur aus Marmor, Bronze usw. waren. Diese Funktion hat sich bis heute gehalten, sollen doch auch die *Models* unserer Laufstege Vorbild sein, sich beispielsweise auf bestimmte Art und Weise zu kleiden. Des Weiteren wurden in der Renaissance kleinmaßstäbliche architektonische Entwürfe als *moduli* bezeichnet; ab etwa 1550 wurde daraus in der Übersetzung ins Florentinische *modegli* und *modelli* (vgl. Stachowiak, 1983, S.24). Erhalten sind aus dieser Zeit Holzmodelle von Michelangelo u. a. für die Peterskuppel.

Der Begriff *modello* wurde aber auch in übertragener und damit allgemeiner Bedeutung als Vorbild, Maßstab oder Muster verwendet. Im Barock setzt sich die abstrakte Bedeutung des Modellbegriffs weiter fort. Die Betonung liegt nicht mehr nur auf der Abbildfunktion von Modellen, sondern auf dem verbesserungsfähigen Vorbildcharakter, den ein Modell besitzen soll (vgl. Stachowiak, 1983, S.27).

Entsprechend definiert Johann Hübner 1704 im ersten großen deutschen Lexikon („Reales Staats-, Zei-

tungs- und Conversationslexikon“) den Begriff: „Modelle [in der 18. Auflage von 1741 einfügt: Modell, Exemplar], eine körperliche Abbildung eines Dinges ins kleine, oder nach dem verjüngten Maas-Stabe, sonderlich die Abbildung einer Vestung in Holtz, Gips, Thon, oder auf der Erde selbst. [...] daher an vielen Höfen [...] die so genannten Modell-Tischler und Wachs-poser seyn, welche vorher ein körperliches Modell nach dem auf dem Papier vorgezeichnetem Aufriss [...] verfertigen müssen, damit sich der Bau-Herr eine so viel bessere ideam von dem aufzurichtendem Gebäu vorstellen, und so lange es noch ins kleine ist, die Fehler so viel besser daran können corrigiret werden“ (Stachowiak, 1983, S.28).

### *Abstraktion versus Veranschaulichung*

Zu Beginn der Neuzeit wurde also *Modell* vom italienischen *modello* entlehnt. Die Bedeutung als verkleinerte Nachbildung der Realität oder als freier Entwurf hat wahrscheinlich den Weg zum Modellbegriff als *Terminus technicus* in der Wissenschaft geebnet.

Eine weitere Quelle des Modell Denkens ist die Physik des 19. Jahrhunderts, bei der zunehmend in Strukturen und Funktionen gedacht wurde. Lagrange (1736–1813) und Laplace (1749–1827) bringen die Mechanik auf eine hohe mathematische Perfektionsstufe und machen sie damit abstrakt. Mit dem Abstraktwerden der physikalischen Wirklichkeitserfassung ist aber auf der anderen Seite eine Welle der Veranschaulichung zu erkennen. Kant und Goethe haben hierbei einen spürbaren Einfluss. So wird die Theoriebildung in der Physik zunehmend in grafischen Darstellungen, Bildern und schließlich dreidimensionalen Modellen veranschaulicht. Herausragendes Beispiel dafür ist das Modell des elektrischen Feldes, veranschaulicht durch Feldlinienbilder. Diese Bilder fielen zunächst allerdings nicht unter den Modellbegriff; sie blieben auf die Elektrostatik beschränkt. Der Physiker James Clerk Maxwell (1831–1879) bringt den Modellcharakter der Feldlinien in seinen Aufsätzen „über physikalische Kraftlinien“ ins Gespräch, wenn er betont, dass er sich dieser mechanischen Bilder bloß zur Erleichterung der Vorstellung, nicht jedoch zur Angabe der Ursache der Erscheinungen bedient habe (vgl. Stachowiak, 1983, S.49).

Ludwig Boltzmann (1844–1906) arbeitet in einem Aufsatz „über die Methoden der theoretischen Physik“ die drei Typen von Modellen der damaligen Zeit heraus (Stachowiak, 1983, S.50):

1. Modelle für den Unterricht in Mathematik und Physik wie Gipsformen, Modelle mit beweglichen Schnüren und Gelenken, mechanische Modelle, Wellenmaschinen, Apparate zur Versinnlichung der Gesetze der Lichtbrechung und anderer Naturgesetze.
2. Rechenmaschinen, die an Stelle des Menschen die Ausführung wirklicher Rechnungsoperationen übernehmen.
3. die Modelle der theoretischen Physik.

Die ersten deutschsprachigen Aufsätze und Bücher über Modelle erscheinen Ende des 19. Jahrhunderts, z.B. von Arnold Sommerfeld (1868–1951), bekannt