

Modellbildung im Schulfach Informatik

Marco Thomas, Potsdam

Die fachübergreifende fundamentale Idee der Modellbildung erfordert von einigen Schulfächern eine Besinnung auf die fachspezifischen Schwerpunkte zu diesem Themenfeld, um unnötige Überschneidungen von Zielen und Inhalten der Schulfächer zu vermeiden und gezielt Fächerverbindungen zu intensivieren.

In der Absicht, diese Schwerpunktbildung zu unterstützen, werden Merkmale informatischer und mathematischer Modellbildung gegenübergestellt und exemplarisch fachimmanente und fächerverbindende Inhalte und Lernziele aufgezeigt.

Begriffsklärung

Modellbildung meint den Vorgang der Konstruktion eines Modells: ein Subjekt entwirft zu einem bestimmten Zweck zu einem Original ein Modell (Abb. 1). Zwischen Original und Modell besteht i. allg. eine Verkürzungsrelation [Apostel; Stachowiak].

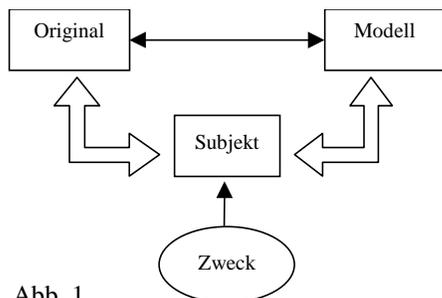


Abb. 1

Ein Modell kann ein Entwurf, ein Muster oder ein vereinfachtes Abbild sein. In den Wissenschaften lassen sich drei vorherrschende Verwendungsweisen des Begriffs "Modell" unterscheiden (Abb. 2):

Die um 1950 entwickelte Modelltheorie(!) in der mathematischen Logik beschäftigt sich mit Modellen im Zusammenhang mit der Untersuchung der relativen Widerspruchsfreiheit von Axiomensystemen oder dem Beweis der Unabhängigkeit von Axiomen. Ein Modell im Sinne der Modelltheorie ist eine gültige Interpretation einer Struktur: "A possible realization in which all valid sentences of a theory T are satisfied is called a model of T" [Tarski]. Beispielsweise bilden rationale oder reelle Zahlen mit jeweils der Addition und Multiplikation als Verknüpfung im Sinne der Modelltheorie Modelle für die Struktur des Körpers.

Insbesondere in den Natur- und Sozialwissenschaften steht der Begriff "Modell" häufig für hypothetische und theorievorausgehende Interpretationen der Realität (des Originals). Ein Original wird "durch Vermittlung der Wahrnehmung und/oder des Verstandes in ein abstraktes Modell, ein Denkmodell abgebildet ... Es steht damit dem Bewußtsein ein Denkmodell für zukünftige Denkprozesse zur Verfügung." [Steinbuch, 14] Diese Denkmodelle oder ideellen Modelle sind an das Bewußtsein des Menschen gekoppelt; sie sind gedanklich, imaginär, vorgestellt. In den Naturwissenschaften stellt z. B.

die Atomvorstellung ein ideelles Modell dar; in der Informatik der abstrakte Automat.

Eine dritte Verwendungsweise des Begriffs "Modell" meint die Abbildung oder Nachbildung der Originale, wie sie wahrgenommen werden oder wie sie in der Vorstellung bereits als ideelle Modelle existieren. Diese materiellen¹ Modelle sind in der bzw. durch die Wahrnehmung des Menschen erfassbar; sie sind real existent. Es kann sich um verkleinerte Nachbildungen von Gebäuden oder um die Veranschaulichung eines ideellen Modells handeln; z. B. das Kugel-Stab-Modell des Atommodells. In den meisten Fällen zeichnen sich diese Modelle durch zusätzliche Komponenten aus, die im Original nicht enthalten sind.

In diesem Beitrag werden wir nur auf materielle Modelle eingehen. Diese können in ikonische, symbolische und enaktive Modelle unterschieden werden.

Ikonische Modelle lassen unmittelbar ihre Bedeutung durch eine sichtbare Ähnlichkeit zum Original erkennen (Bsp. Piktogramm) oder weisen eine aus dem realen Modell direkt erfassbare, nicht-visuelle Analogie² auf (Bsp. Schlüssel-Schloss-Prinzip). Sie werden vorwiegend zur Veranschaulichung und zur Beschreibung verwendet, ohne jedoch dem Original ggf. zugrundeliegende kausale Zusammenhänge zu erklären.

Symbolische Modelle liefern Erklärungen und ermöglichen Prognosen, da die dem Original zugrundeliegenden Strukturen beschrieben werden (Bsp. Chemische Summenformel); zumeist stark abstrahierend in einer formalen Sprache. Da die abstrakten Symbole keinen direkten Bezug zum Original aufweisen, muss ihnen explizit eine Semantik zugeordnet werden, wenn eine

¹ mit dem Begriff "materiell" ist hier die Verwendung von Materie, Energie und ggf. auch "Information und Wissen" als Modellbestandteile gemeint.

² Diese Analogie kann durch die Phrase "ist wie" oder "verhält sich wie" verdeutlicht werden. Eine Semantik muss sich eindeutig aus dem kulturellem Kontext, in dem sich das Subjekt befindet, ergeben.

Interpretation vom Modell zum Original erfolgen soll.

Dynamische Vorgänge des Originals können in symbolischen Modellen durch Hinzufügen von Parametern und durch Algorithmisierung beschrieben werden. Ein symbolisches Modell bleibt jedoch eine statische Beschreibung.

Zusätzlich erschwert die Dynamik, mit der sich die Informatik entwickelt, eine Beschreibung ihres wissenschaftstheoretischen Charakters.

Im Kontext der Modellbildung sehen wir die Informatik "als Wissenschaft von der Entwicklung und Bereitstellung rechnergestützter Methoden [und Systeme: MT] zur Beherrschung und effizienten

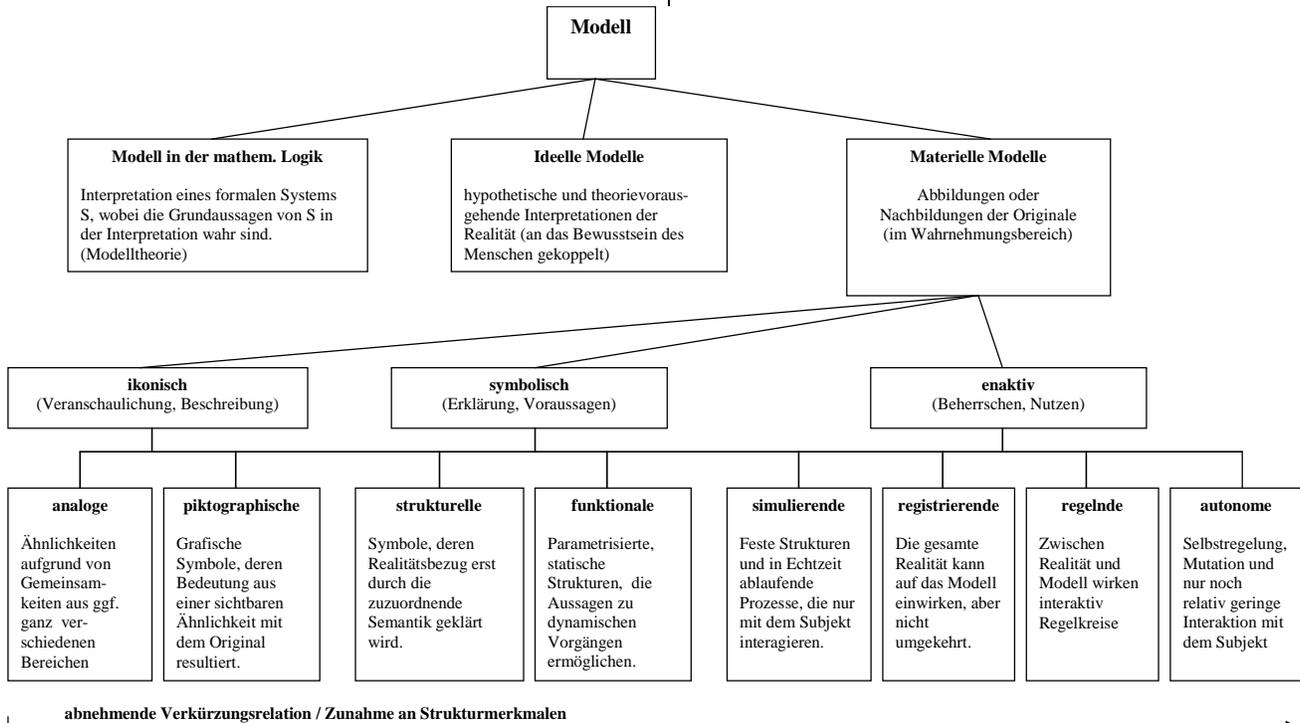


Abb. 2

Enaktive Modelle übernehmen - zumindest teilweise - die Dynamik des Originals. Ziel der Modellbildung ist das Beherrschen und Nutzen komplexer Prozesse und Strukturen. Es lassen sich vier - am objekt-orientierten Denken orientierte - Typen unterscheiden³: simulierende, registrierende, regelnde und autonome Modelle (Bsp. Simulationswerkzeug à la Dynasys, Messdatenverarbeitung, Ampelsteuerung und Viren).

Die verschiedenen Modelltypen lassen sich entsprechend der Zunahme aus dem Original übernommener Merkmale bzw. der Abnahme der Verkürzungsrelation zwischen Original und Modell anordnen⁴.

Wissenschaftsverständnis

Die Informatik hat sich seit ca. 1960 aus verschiedenen Wissenschaften wie der Mathematik und der Elektrotechnik als neue "Grundlagenwissenschaft" [vgl. Wilhelm, 10] entwickelt. Es ist jedoch noch weitgehend ungeklärt, wie die Informatik in die Struktur der Wissenschaften einzugliedern ist.

Nutzung hochkomplexer Prozesse und Strukturen" [Wilhelm, 9]. Diese Definition verbindet die von der UNESCO aufgestellte Definition: "informatics: the science dealing with the design, realisation, evaluation, use and maintenance of information processing systems; including hardware, software, organizational and human aspects, and the industrial, commercial, governmental and political implications" [UNESCO] in einer allgemeineren Formulierung mit dem Hauptzweck informatischer Modellbildung.

Die Mathematik ist eine der ältesten Wissenschaften und unterlag bereits zahlreichen Entwicklungsstufen und Erweiterungen. "Die moderne M. sieht ihre Aufgabe v. a. in der Untersuchung sog. Strukturen, die durch die in einer vorgegebenen Menge beliebiger Objekte ('Elemente') definierten Relationen und Verknüpfungen bestimmt sind." Sie wird als "Wissenschaft von den formalen Systemen (D. Hilbert)" bezeichnet [Meyer].

Während die Mathematik weitgehend übereinstimmend den Formal- oder Strukturwissenschaften zugerechnet wird [Baumann; Büttemeyer] scheint die Informatik in die übliche Einteilung der Wissenschaften nicht hineinzupassen. So spricht einiges gegen eine Informatik als Gesellschafts-, Natur- oder Geisteswissenschaft [Büttemeyer, 94f].

³ in Anlehnung an einen Vortrag von [Crutzen]

⁴ Die Einteilung hat nicht den Anspruch einer disjunkten Klassifikation.

Zumindest kann Informatik - im Gegensatz zur Formalwissenschaft Mathematik - als eine materiale Wissenschaft im konstruktivistischem Sinne bezeichnet werden. Ihre Gegenstände sind Daten, Informationen, Wissen und Automaten. Die ihr zugehörige technische Disziplin ist die Informationstechnik [vgl. Eberle, 41f].

Merkmale informatischer und mathematischer Modellierung

Die Modellbildung in den Wissenschaften unterscheidet sich in den verwendeten Methoden und Komponenten, wie sie oben für den allgemeinen Modellbildungsprozess aufgeführt wurden. Schwill [Schwill, 23] hat die Originale, den Zweck und die Modelle der Informatik mit denen der Mathematik verglichen.

Originale

Nach Schwill modelliert die Informatik "meist Sachverhalte, die einer vom Menschen geschaffenen Welt entstammen", während die Originale der Mathematik "überwiegend Teil der natürlichen Welt" sind. Diese Abgrenzung erscheint uns i. allg. nicht zwingend, da Originale der Informatik häufig auch Originale der Mathematik sind und umgekehrt (Bsp. Fahrzeugströme, freier Fall eines Steins).

In der Schule werden die Originale entsprechend ihrer exemplarischen Eignung zur Vermittlung fachtypischer Modellbildung ausgewählt. Daher werden im Schulunterricht in der Mathematik eher strukturhaltige Originale geschlossener Systeme und in der Informatik eher prozessreiche Originale offener Systeme auftreten. Zudem weisen die in der Informatik betrachteten Systeme i. d. R. eine wesentlich größere Komplexität auf. Modelle in der Sprache der Mathematik bilden jedoch häufig wieder Originale für die Informatik (Bsp. "funktionale Modelle").

Modelle

Elementarbausteine mathematischer Modelle sind Symbole, die ohne semantischen Kontext i. d. R. keinen Zusammenhang zum Original erkennen lassen. Allenfalls läßt sich aus einem Variablennamen eine Bedeutung herleiten, die aber wieder an das sprachliche Verständnis des Subjekts gebunden ist. Die Symbole bilden beschreibende, statische Strukturen. Dynamik, Zeit und Raum werden mit Parametern ausgedrückt, sofern sie funktional fassbar sind. "Offenbar sind die Modelle der Mathematik im Endergebnis meist symbolisch" [Schwill, 24].

Elementarbausteine der Informatik sind Objekte, "im wesentlichen übereinstimmend mit ihren Originalen, so wie sie vom menschlichen Bewußtsein wahrgenommen und kognitiv erfaßt und verarbeitet werden" [Schwill, 23]. Die Objekte bilden interaktive, dynamische Systeme. Informatische Modelle zeichnen sich durch eine programmierbare Eigendynamik aus, die etwas wirklich Neues darstellt. Zeit vergeht als Bestandteil

des Modells. Raum wird durch Vernetzung, Holographie u. ä. im Modell integriert. Die Repräsentation und die Verarbeitung von Daten, Information und Wissen erfolgen auf elektronischer und photonischer Ebene und lösten die dritte "industrielle Revolution" aus. Ein System informatischer Objekte kann ein Verhalten modellieren, welches nicht funktional beschrieben werden kann, sondern sich erst durch die Eigendynamik ergibt (Bsp. Auftreten von sozialem Verhalten in der Software Tierra von Ray [Franke]).

Zweck

Modelle in der Mathematik dienen vorwiegend der formalen und kompakten Beschreibung der Originale in der stark abstrahierenden und reduzierenden Sprache der Mathematik sowie der Untersuchung der Eigenschaften der resultierenden Strukturen. Ziel ist es, die Beziehungen zwischen Operationen auf den formalen Strukturen und den resultierenden Zuständen zu erklären und Voraussagen zu ermöglichen. Die Ergebnisse und Erkenntnisse werden fächerverbindend anderen Wissenschaften zur Verfügung gestellt.

Informatische Modelle unterstützen das Subjekt bei der Beherrschung und effizienten Nutzung von hochkomplexen Prozessen und Strukturen. Letzteres können insbesondere Modelle der Mathematik sein. Ziel der Informatik ist die Ersetzung der Originale durch - für die menschliche Wahrnehmung - geringfügig abstrahierte Modelle, die auf einem "Computer" ausführbar sind. Die geringe Abstraktion bzgl. der Wahrnehmung führt zu einer scheinbaren Realität. Die Originale sind "der Möglichkeit nach vorhanden", aber sie sind es nicht wirklich; eine virtuelle Realität⁵.

Rechnergestützte Modellbildungswerkzeuge

Tabellenkalkulationsprogramme, Software wie Dynasys oder Programmiersprachen sind zum einen rechnergestützte Hilfsmittel zur Bildung von enaktiven Modellen und zum anderen Softwareprodukte der Informatik. Als Hilfsmittel stellen die rechnergestützten Modellbildungswerkzeuge ein fächerverbindendes Medium dar, welches auf verschiedene Probleme universell angewendet werden kann.

Die Analyse und Entwicklung benutzerfreundlicher, problemspezifischer Modellbildungswerkzeuge sowie die kritische Reflexion der Rolle, der Möglichkeiten und Grenzen von Modellbildungswerkzeugen im Modellbildungsprozess erfolgt im Informatikunterricht zentral und grundlegend für alle anderen Fächer.

Im Problemkontext der Betrachtung von Geldanlageformen mit unterschiedlichen Verzinsungen und Anlagegebühren würde z. B. die angewandte (Schul-) Mathematik versuchen, die zugrundeliegenden

⁵ Ist dem Modellbenutzer die Virtualität seiner Realität nicht bewußt, wird die virtuelle zur realen Welt.

Strukturen und Prozesse in einem mathematischem Modell (Bsp. Zinseszins-Formel) abstrahierend zu beschreiben. Umformungen innerhalb der Strukturen werden durch mathematische Methoden (Bsp. Vollständige Induktion) abgesichert. Die in der statischen Struktur beschriebene Dynamik des Originals in Abhängigkeit von den Eingabeparametern (Bsp. Geldentwicklung) kann, anstatt durch manuelles Rechnen und Zeichnen, mit Hilfe eines rechnergestützten Modellbildungswerkzeugs simuliert und visualisiert werden. Das Interesse der Mathematik richtet sich jedoch auf die Gewinnung neuer Erkenntnisse zu den Beziehungen zwischen Ein- und Ausgabeparameter (Bsp. Wachstumsfunktionen). Der Vorgang der Dynamisierung und Visualisierung des mathematischen Modells bleibt weitestgehend verborgen⁶.

Für die Informatik gibt es zum obigen Kontext zwei Problemstellungen.

- die Entwicklung und Bereitstellung eines rechnergestützten Werkzeugs, mit dem ein von der Mathematik entwickeltes Modell simuliert und die Simulationsergebnisse visualisiert werden.
- die Entwicklung und Bereitstellung eines Systems, welches einem definierten Benutzerkreis hilft, eine Geldanlageform auszuwählen, ohne die Grundlagen der Geldentwicklung verstehen zu müssen, d. h. ohne die zugrundeliegende mathematische Struktur zu kennen.

In beiden Fällen konstruiert die Informatik ein enaktives Modell zu dem gegebenen Problem, welches der spätere Modellbenutzer quasi als BlackBox⁷ nutzen kann. Damit die Verwendung benutzerfreundlich erfolgen kann, muss sich das informatische Modell dem Benutzer in einer Form anbieten, die ihm geläufig ist, d. h. analog zu ihm Bekanntem ist. Insofern ist der Modellbenutzer als Ziel-Subjekt ein entscheidender Aspekt für die Konstruktion des informatischen Modells⁸. *Im Gegensatz zu mathematischen Modellen muss für die Nutzung informatischer Modelle nicht davon ausgegangen werden, dass Modellkonstrukteur und Modellbenutzer annähernd die gleiche Sprache sprechen.*

Virtuelle Welten

Anhand von Beispielen zu Problemen der Verkehrsführung, der Logistik, der Schaffung Virtueller Welten und Künstlichen Lebens lassen sich Schwerpunkte

⁶ ggf. werden numerische Aspekte in diesem Anwendungskontext betrachtet.

⁷ Die BlackBox birgt natürlich die Gefahr der vorbehaltlosen Gläubigkeit, welches im Informatikunterricht thematisiert werden muss.

⁸ Aus diesem Grund ist der Anforderungsdefinition im Software-Lebenszyklus, als Vertrag zwischen Nutzer und Konstrukteur, eine bedeutendere Stellung im Informatikunterricht einzuräumen, als es bisher meist der Fall ist.

jeweils für den Mathematikunterricht bzw. den Informatikunterricht herausstellen. Die mit den Beispielen verknüpften Lernziele und Inhalte werden unten zusammenfassend aufgelistet (Tab. 1).

Stellvertretend werden wir am Beispiel der Konstruktion Virtueller Welten Inhalte und Lernziele für den Informatikunterricht aufzeigen und diejenigen mit vorwiegend mathematischem Anteil abgrenzen.

Im Kontext der Neugestaltung eines Klassenzimmers oder Schulgartens könnte im Informatikunterricht eine virtuelle Welt entwickelt werden, die den Benutzer bei der Gestaltung unterstützt, indem sie ihm einen Eindruck vom möglichen Endergebnis vermittelt. Da außer mit dem Benutzer keine weitere Interaktion mit der Realität stattfinden soll, handelt es sich um ein simulierendes enaktives Modell. In dieser Aufgabenstellung kommt ein architektonisch-gestalterischer als auch der ingenieurwissenschaftliche Konstruktionscharakter der Informatik zum Ausdruck.

Zur Modellbildung könnte ein komplexes und teures professionelles Werkzeug mit vorgefertigten Objekten, ein universelleres Werkzeug mit rudimentären Objekten oder eine "reine" Programmiersprache eingesetzt werden. Die Auswahl des Modellbildungswerkzeugs sollte vom Modellkonstrukteur begründet erfolgen (Anwendungskompetenz).

Angenommen der Modellkonstrukteur (hier: Schüler) "entscheidet sich" für die mittlere Variante, weil er u. a. die Komplexität des Modells für den Modellbenutzer gering halten möchte (Benutzerorientierung)⁹. Denkbar wäre dann z. B. der Einsatz von VRML¹⁰ im Informatikunterricht.

Schon in der Entwurfsphase, die i. d. R. doppelt soviel Zeit, wie die Implementierung benötigt, müssen die Schüler überlegen, welche Objekte für die Problemstellung in der Wahrnehmung des Menschen relevant sind (Bilder, Tische, Fenster, ...), welche Wirkungszusammenhänge zwischen diesen bestehen (Bilder verdecken die Wand), inwieweit die Aufgabe arbeitsteilig bearbeitet werden kann (Modularisierung), welche mathematischen Grundlagen notwendig sind (Koordinatensystem, Transformationen, ...), u. v. m. Es wird ein erstes Modell für das Gesamtsystem entwickelt, welches in ein auf einem Rechner lauffähiges Programm (hier in VRML) umsetzbar sein muss. Weiterhin wäre es denkbar, einzelnen Objekten im Klassenzimmer eine (Eigen-)Dynamik zu verleihen (Mobile o. ä.).

⁹ Dem Schüler sollte jedoch bewusst sein oder bewusst gemacht werden, dass auch dieses Werkzeug letztendlich auf einer "binären" imperativen Sprache beruht.

¹⁰ Virtual Reality Modelling Language. s. <http://www.didaktik.cs.uni-potsdam.de/HyFISCH/Multimedia>

Aus informatischer Sicht lassen sich für die obige Problemstellung schwerpunktmäßig drei Groblernziele nennen:

- 1) Fähigkeit zur Abstraktion konkreter nicht-informatischer Objekte in ein maschinell ausführbares, interaktives Modell
- 2) Beherrschung von fachspezifischen Planungs-, Organisations- und Visualisierungsmethoden
- 3) Fähigkeit zu sprachunabhängiger, objekt-orientierter Analyse, Entwurf und Implementierung

Fächerverbindend werden vor allem mathematische Beschreibungen mehrdimensionaler geometrischer Strukturen sowie zugehöriger Operationen, Projektionen, Drehmatrizen und Perspektiven benutzt. Der mathematische Anteil an der Problemstellung reduziert sich jedoch mit der Anzahl verfügbarer vorgefertigter Modellobjekte. Die Untersuchung der geometrischen Strukturen bleibt der Mathematik vorbehalten.

Aufgrund der aus der Informatikwissenschaft abgeleiteten Arbeitsweisen lassen sich aus pädagogischer Sicht als Lernziele formulieren:

- Fähigkeit zur gezielten Wahrnehmung der Eigenschaften und des Verhaltens von Objekten und Subjekten
- Fähigkeit und Bereitschaft zu projekt- und teamorientiertem Arbeiten
- Fähigkeit und Bereitschaft zu fachübergreifendem Arbeiten und ganzheitlichem Denken

Inhalte, Lernziele

Ausgehend von den oben genannten Problemkontexten haben wir eine - sicherlich unvollständige - Liste fachimmanenter und fächerverbindender Inhalte und Lernziele für den Bereich der Bildung materieller Modelle im Informatik- bzw. Mathematikunterricht zusammengestellt, um eine Schwerpunktbildung in diesen Fächern zu fördern (Tab. 1).

Informatikunterricht	Mathematikunterricht
<ul style="list-style-type: none"> • Generalisierbare Methoden zur Modellbildung (Modularisierung, Top-Down, Objektorientierung, ...), insbesondere für interaktive, kommunikative, datenverarbeitende Systeme • Überblick über die Vielfalt von Modelltypen und ihre Anwendungsbereiche (Typ ↔ Zweck) • Ausbildung systemischen Denkens, d. h. vernetztes, dynamisches, modellorientiertes Denken und systemorientiertes Handeln • Methodengewinnung durch Betrachtung von Naturkonzepten (zellulare Automaten, neuronale Netze, ...) • Begriffe, die im Zusammenhang mit Leben und Information stehen (Komplexität, Selbstorganisation, Wahrnehmung, Kommunikation, Intelligenz, Bewußtsein) • Untersuchung und Verwendung nebenläufiger, nicht-deterministischer und indeterminierter Algorithmen • Aufbau/Erstellung von Wissensspeichern (Datenbanken) und Kommunikationsstrukturen • Techniken zur Implementierung von Wirkungszusammenhängen • Sprachparadigmen der Informatik und ihre Eignung zur Modellierung bestimmter Problemstellungen • präzise Ausformulierung von Anforderungsdefinitionen, Schnittstellenbeschreibungen, Dokumentationen, ... • rechentechnische Probleme • Durchführung "vollständiger" realitätsnaher Modellbildung (im inform. Projektverlauf enthalten) für komplexe Probleme • Validierung, Verifikation und Effektivitätsanalyse von Modellen • Möglichkeiten und Grenzen informatischer Modellbildung • Umsetzung fachwissenschaftlicher Modelle beliebigen Typs in maschinell ausführbare Modelle • Entwicklung problemspezifischer, benutzerfreundlicher Modellbildungswerkzeuge • Beherrschung exemplarischer, universeller, komplexer Modellbildungswerkzeuge • Anschauungsmodelle zu Automaten, Computern, u. a. • Wechselwirkung informatischer Modelle/Systeme mit dem gesellschaftlichen Umfeld (Technikgläubigkeit ↔ Technikangst) • Visualisierung sprachlicher Darstellungen • Gestaltung benutzerfreundlicher Oberflächen • Gestaltung und Realisierung der Mensch-Maschine Schnittstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kennenlernen, Verwenden und Entwickeln von mathematischen Modellen mit mathematik-typischen Methoden (Idealisierung, Reduktion, Beweisen, ...) • Modelltypen der Mathematik (Formeln, Graphen, ...) • Denken in geschlossenen, widerspruchsfreien Systemen • Chaostheorie und Fraktale • Stochastische Modelle • Verwendung deterministischer, terminierender Algorithmen • Prädikatenkalküle • Beschreibung und Untersuchung von Wirkungszusammenhängen • Sprache der Mathematik als fächerverbindendes, abgeschlossenes, widerspruchsfreies, symbolorientiertes System • Beschreibung von Lösungswegen, ... • Ausbildung von Teilqualifikationen zur Modellbildung von Problemen relativ geringer Komplexität • mathematische Beweistechniken • Grenzen der mathematischen Verfahren und Kalküle als Modelle • Umsetzung in die bzw. Übernahme fachwissenschaftlicher Modelle in der Sprache der Mathematik • BlackBox-artige Anwendung von Modellbildungswerkzeugen: zum Finden von Vermutungen, zur Simulation, zur Visualisierung • rechnergestützte Simulation mathematischer Strukturen, die auch dynamische Vorgänge beschreiben • Anschauungsmodelle zu Strukturen aus Numerik, Geometrie, u. a. • Bedeutung mathematischer Modellbildung in Entscheidungsprozessen und anderen Fachwissenschaften • Idee des räumlichen Strukturierens: Untersuchen, theoretisches Beschreiben und Idealisieren von Objekten des euklidischen Raumes wie Punkt, Gerade, ... • Mathematische Beschreibung und Untersuchung mehrdimensionaler geometrischer Strukturen sowie zugehöriger Operationen (Projektionen, Drehmatrizen)
<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung von zufälligen Ereignissen (inform. Generierung ↔ mathemat. Theorie) • Mathematische Grundlagen der rechnergestützten Simulation dynamischer Systeme (Runge-Kutta, Euler-Cauchy, Wachstumsfktn.) • Graphenmethoden, mathematische Optimierung, Algorithmen 	

Tab. 1

Fazit:

Die Mathematik liefert - wie andere Wissenschaften - wichtige Grundlagen zur informatischen Modellbildung. Ihre Modelle dienen jedoch schwerpunktmäßig der Beschreibung und Erklärung von Originalsystemen, während die Informatik eher die Beherrschung und effiziente Nutzung hochkomplexer Strukturen und Prozesse von und zu Originalsystemen intendiert.

Aufgrund seiner Inhalte, Ziele und Arbeitsweisen lassen sich für den Informatikunterricht bereits zahlreiche in der Schule auszubildende Kompetenzen aufzeigen (Tab. 2), die von einem Menschen in der heutigen "Know-how-Gesellschaft" gefordert werden (Abb. 3). Für den Mathematikunterricht erscheint uns eine Zuordnung schwieriger und vielleicht auch nicht realisierbar, ohne die Intentionen des Mathematikunterrichts grundlegend zu ändern (wenn dies wirklich angestrebt wird).

Kompetenz: auf den ganzen Menschen kommt es an

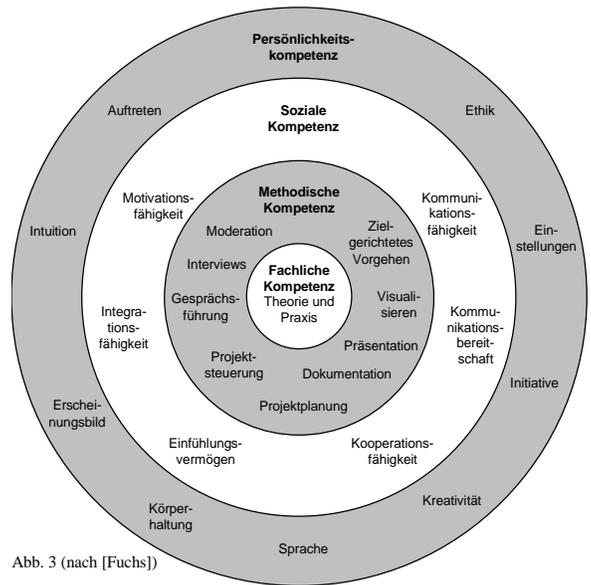


Abb. 3 (nach [Fuchs])

Kompetenzen	Informatikunterricht	Mathematikunterricht
fachliche	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung und Beherrschung informatischer Modellbildungswerkzeuge • Modellieren UND Simulieren = vollständiger Modellbildungsprozess • Generalisierbare Techniken zur Modellbildung aller Modelltypen (einschl. enaktiver) • Kommunikations- und Informationssysteme • gesellschaftliche Folgen der Modellbildung • fächerverbindende Methoden 	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematische Grundlagen zur Modellierung • Simulation mathematischer Modelle und ihre Evaluation • Analyse und abstrakt-formale Beschreibung von Strukturen • grundlegende Begriffe und Modelle der Numerik, Geometrie, Stochastik, ... • Einsatz von Computeralgebra-Systemen, Modellbildungswerkzeugen
methodische	<ul style="list-style-type: none"> • teamorientierte Techniken • pädag. und ingenieurwissenschaftliche Projektarbeit • Planung und Organisation von Arbeit • ganzheitliches/ systemisches Denken 	?
soziale	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit • Motivationsfähigkeit ... 	?
Persönlichkeits-	<ul style="list-style-type: none"> • Ethik • Kreativität • Sprache • Einstellungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Sprache

Tab. 2

Modellbildung im Informatikunterricht impliziert interdisziplinäres Arbeiten, da die dem Modellbenutzer angemessene Sprache verwendet werden muss. Der Modellbildungsprozess wird vollständig, systematisch und methodisch durchgeführt.

Zudem kann der Informatikunterricht durch seine immanenten projekt- und teamorientierten Arbeitsformen in besonderem Maße zur Ausbildung

von allgemeinbildenden Kompetenzen in den Schulen beitragen.

Fächerverbindende Themen bieten sich für den Mathematik- und Informatikunterricht vor allem im Bereich der graphischen Datenverarbeitung und Visualisierung an.

Literatur:

[Apostel] Apostel, L.: "Towards the formal study of models in the non-formal sciences". In Freudenthal, H.: "The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences". D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland 1961, S. 1-37

[Baumann] Baumann, R.: "Didaktik der Informatik". Klett, Stuttgart 1990

[Büttemeyer] Büttemeyer, W.: "Wissenschaftstheorie für Informatiker". Spektrum, Heidelberg 1995

[Crutzen] Crutzen, C. K. M.; Hein, H.-W.: "Objektorientiertes Denken als didaktische Basis der Informatik". In Schubert, S.: "Informatik und Schule 1995". Springer, Berlin 1995, S. 149 - 158

- [Eberle] Eberle, F.: "Didaktik der Informatik bzw. einer informations- und kommunikationstechnologischen Bildung auf der Sekundarstufe II". Sauerländer, Aarau 1996.
- [Franke] Franke, H. W.: "Künstliches Leben - eine Vision". In "Kopf oder Computer". Spektrum der Wissenschaft - Dossier 4/97, Spektrum, Heidelberg 1997
- [Frey] Frey, G.: "Symbolische und ikonische Modelle". In Freudenthal, H.: "The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences". D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland 1961, S. 89-97
- [Fuchs] Fuchs, J.: "Grips statt großer Schreibtisch - Die neue Karriere in der Know-how-Gesellschaft". In Karrierefürher-spezial-Informationstechnologie 1/98 S. 36, Dietrich Schirmer Verlag, Köln 1998
- [Meyer] "Meyer's Enzyklopädische Lexikon". in 25 Bd. - 9. Aufl., Bibliograph. Institut, Mannheim 1972
- [Ossimitz] Ossimitz, G.: "Systemisches Denken und systemisches Management". Manuskript Juli 1998, Universität Klagenfurt. URL: www.uni-klu.ac.at/~gossimit/pap/sysdenk2.htm
- [Schwill] Schwill, A.: "Fundamentale Ideen in Mathematik und Informatik". In: "Fundamentale Ideen". Bericht über die 12. Tagung des Arbeitskreises Mathematikunterricht und Informatik. Hischer, H. (Hrsg.), Franzbecker, Hildesheim 1994, S. 18 - 25
- [Stachowiak] Stachowiak, H. (Hrsg.): "Modelle und Modelldenken im Unterricht". Klinkhardt, Heilbrunn 1980
- [Steinbuch] Steinbuch, K.: "Denken in Modellen". In "Denken in Modellen". Schaefer, G. (Hrsg.), Westermann, Braunschweig 1977
- [Tarski] Zitat in Suppes, P.: "A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences". In Freudenthal, H.: "The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences". D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland 1961, S. 163
Weiterführendes in: Tarski, A.: "Einführung in die mathematische Logik". Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1977
- [Wilhelm] Wilhelm, R.: "Informatik". Beck, München 1996
- [UNESCO] Van Weert, T. (Chair): "Informatics für secondary education - A curriculum for schools". Produced by IFIP Working group 3.1, Paris 1994.
URL: www.ge-dip.etat-ge.ch/cptic/prospective.html?cptic/unesco/en/welcome.html