

Martin HENNECKE, Würzburg

## Was macht eigentlich die Informatik in der Schule?

### Einleitung

Informatik prägt unsere Gesellschaft in zunehmendem Maße, verändert unsere Lebens- und Verhaltensweisen sowie unsere Arbeitswelt. Entsprechend existiert heute ein breiter Konsens darüber, dass sich eine zeitgemäße Bildung dem stellen muss. Wie die Bundesländer dies bildungspolitisch und bildungsadministrativ umsetzen ist jedoch recht unterschiedlich.

Bisher orientierten sich die Länder an Beschlüssen der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) aus den 1980er Jahren. Sie gliedern das Fach in eine integrativ unterrichtete „informationstechnische Grundbildung“ (ITG) und eine „vertiefende informationstechnische Bildung in Form der Informatik“ (BLK, 1987). Diese Grundidee besteht bis heute, wenn auch zusätzliche Begriffe wie „Medienkompetenz“, „Medienbildung“ oder „Digitale Bildung“ die Schwerpunkte verschoben haben (Kultusministerkonferenz, KMK, 2017; Tulodziecki, 2016).

Das oft geforderte „Pflichtfach Informatik“ existiert in Bayern und Sachsen bereits seit einigen Jahren. Andere Länder planen zurzeit ebenfalls erste verpflichtende Wochenstunden ein. Hier ist die Strategie zur „Bildung in der Digitalen Welt“ (KMK, 2017) förderlich, auch wenn diese lediglich Medienbildung verpflichtend fordert. Zur Beschreibung des Verhältnisses zur Medienbildung ist das Dagstuhl-Dreieck weitestgehend akzeptiert (Gesellschaft für Informatik, 2016a). Es weist eine technologische, eine gesellschaftlich-kulturelle und eine anwendungsorientierte Perspektive auf. Leitfragen sind „Wie funktioniert das?“, „Wie wirkt das?“ und „Wie nutze ich das?“. Mit dem Frankfurt-Dreieck existiert eine alternative Fassung, die sich besser für eine wissenschaftliche Betrachtung eignet (Brinda et al., 2019).

Während das Verhältnis zwischen Informatik und Medienbildung wohl auch in Zukunft noch „Gesprächsbedarf“ haben wird, scheint mir die Zusammenarbeit von Mathematik und Informatik weitaus konstruktiver zu sein. Die nachfolgenden Abschnitte sollen in diesem Sinn auch eine kleine Hinführung zur Informatik und ihrer Schnittstelle zur Mathematik sein. Dazu werden zunächst das Fach und das Schulfach kurz vorgestellt. Danach werden mit den Themen Modellieren, Variablen und Funktionen exemplarisch einige Berührungspunkte mit der Mathematik näher beleuchtet. Der Text schließt mit einigen Würzburger Beispielen für fächerübergreifendes Arbeiten.

## **Wissenschaftliche Traditionen der Informatik**

Das Fach Informatik ist durch die Verbindung und Spezialisierung anderer Disziplinen, insbesondere der Mathematik und der Elektrotechnik, entstanden. Entsprechend vereint das Fach eine mathematische Tradition mit ingenieurwissenschaftlichen Arbeitsweisen und naturwissenschaftlichen Elementen (Tedre, 2018). Zudem öffnet sich die Informatik zunehmend für empirisches Vorgehen, z.B. beim Design von Benutzungsoberflächen.

Die Informatik verbindet viel mit der Mathematik. Mit dem Algorithmus teilen sich beide Fächer eine fundamentale Idee und Abstrahieren, Modellieren und Beweisen sind prägende Kompetenzen (vgl. Oldenburg, 2019). Von der Elektrotechnik erbt die Informatik die Idee der Digitalisierung. Dieser ursprünglich rein technische Begriff beschreibt die Wandlung von kontinuierlichen (analogen) Signalen in eine wert- und zeitdiskrete (digitale) Darstellung. Wertdiskrete Darstellungen nehmen nur Werte aus einem endlichen Wertebereich an. Sind Werte nur zu bestimmten periodischen Zeitpunkten definiert, spricht man von zeitdiskreten Darstellungen. Mathematiker sehen oft primär die Einschränkungen der wertdiskreten Darstellung und übersehen die bedeutsame Rolle der Zeit. So strebt die Mathematik nach Zeitlosigkeit und modelliert dynamische Prozesse beispielsweise durch Folgen statisch. In informatischen Modellen hingegen vergeht die Zeit (Schwill, 1995).

## **Kompetenzen und Inhalte des Fachs Informatik**

Für das Schulfach Mathematik existiert ein tradierter Kanon fachlicher Themen, der sich in den Curricula widerspiegelt. Die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz geben zudem einen bundesweit verbindlichen Rahmen vor. Für das Schulfach Informatik fehlt beides. Einziger Orientierungsrahmen sind die für die Länder unverbindlichen Bildungsstandards der Gesellschaft für Informatik (GI) für die Primarstufe (2019), die Sekundarstufe I (2008) und II (2016b). Sie sind in Anlehnung an die „Principles and Standards“ des National Councils of Teachers of Mathematics (NCTM) in Prozess- und Inhaltsbereiche unterteilt:

- Modellieren und Implementieren
- Begründen und Bewerten
- Strukturieren und Vernetzen
- Kommunizieren und Kooperieren
- Darstellen und Interpretieren
- Information und Daten
- Algorithmen
- Sprachen und Automaten
- Informatiksysteme
- Informatik, Mensch und Gesellschaft

Tab.: Prozess- und Inhaltsbereiche der Bildungsstandards der GI

Einen Überblick zur Umsetzung der informatischen Prozess- und Inhaltsbereiche in den Bundesländern geben Starruß & Timmermann (2011) sowie Heuts & Pinkwart (2019) für die Sekundarstufe II. Mit insgesamt 8 verpflichtenden Wochenstunden sowie Wahlpflichtunterricht in der Oberstufe ist Informatik am bayerischen naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasium (NTG) besonders stark ausgeprägt. Es sei daher kurz vorgestellt (vgl. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, ISB, o.J.):

Modellierung, speziell die objektorientierte Modellierung, gilt als roter Faden im Informatikunterricht des bayerischen Gymnasiums. Dies wird bereits in der 6. Jahrgangsstufe deutlich. Hier erwerben die Schülerinnen und Schüler neben Kenntnissen im Umgang mit Grafik-, Text- und Multimediadokumenten auch Kompetenzen zur objektorientierten Modellierung. In Jahrgangsstufe 7 folgt der Bereich der digitalen Kommunikation und eine Einführung in die Programmierung.

Die 9. und 10. Jahrgangsstufe wird nur am NTG angeboten. Hier wird zuerst die Modellierung von Datenflüssen mit dem Werkzeug Tabellenkalkulation behandelt. Es folgt die Modellierung statischer Daten in relationalen Datenbanksystemen, die objektorientierte Modellierung und Programmierung.

Im Schuljahr 2022/23 erfolgt in Bayern durch Einschub der neuen 11. Jahrgangsstufe die Rückkehr zum G9. Informatik wird hier für alle gymnasialen Schwerpunkte vorgesehen sein. Der Lehrplan wird zurzeit erarbeitet. Die Oberstufe sieht Informatik als Wahlfach vor. Auch hier ist der Lehrplan für das G9 noch im Entstehen. Bisher vermittelt die Oberstufe Kenntnisse zur objektorientierten Modellierung und zu teamorientierten Arbeitsweisen aus der Softwareentwicklung. Themen aus der theoretischen und der technischen Informatik beenden das wissenschaftspropädeutische Curriculum.

Am Beispiel dieses Curriculums wird deutlich, dass Informatik „viel von einer allgemeinen Modellbildungswissenschaft besitzt“ (Schwill, 1995). Das ebenfalls als Pflichtfach angelegte Curriculum der bayerischen Realschule ist hingegen praxis- bzw. anwendungsorientiert. Die Module decken z.B. die übliche Standardsoftware, CAD-Programme, die Vernetzung von Computern, Datenbanken und grundlegende Programmierung ab.

Für die bayerischen Pflichtfachangebote sind viele Informatiklehrkräfte nötig. Allein für die Einführung der neuen elften Jahrgangsstufe ist nahezu eine Verdoppelung der durch Informatiklehrkräfte am Gymnasium gegebenen Stunden notwendig. Dies ist allein durch das grundständige Studienangebot nicht zu decken. Bayern setzt daher auch auf die Nachqualifizierung von Lehrkräften, die wie die grundständigen Studierenden zum 1. Staatsexamen geführt werden (vgl. Berges et al., 2019).

## **Modellieren im Informatikunterricht**

Viele Wissenschaften sind geprägt durch den Umgang mit Modellen. Immer dort, wo die Realität nicht mehr unmittelbar (be-)greifbar ist, hilft das Bilden von Modellen weiter. Das mathematische Modellieren wird üblicherweise als Modellierungskreislauf, z.B. nach Blum & Leiß (2005), beschrieben. Diese Sichtweise ist auf die Informatik grundsätzlich übertragbar. Der fachdidaktischen Diskussion dient dennoch meist Apostel (1961) als Grundlage. Zudem existieren zahlreiche Vorgehensmodelle aus dem Software Engineering, die im Unterricht sowohl Inhalt als auch Unterrichtsmethodik sind.

Im Informatikunterricht finden sich zahlreiche standardisierte Techniken für die Modellierung von Algorithmen, die Weitergabe von Daten innerhalb eines Softwaresystems und der Strukturen von objektorientierten Softwaresystemen. Hinzu kommen Modelle für informatische Artefakte aller Art. Teils erfordern informatische Artefakte kontextabhängig verschiedene Modelle, z.B. bei Variablen (Weigend, 2007), teils sind verschiedene Modelle aus fachdidaktischen Gründen wünschenswert, z.B. beim Internet (Hennecke, 2015). Thomas (2001) liefert eine Systematik der Modellvielfalt der Informatik. Systematische Vergleiche mit der mathematischen Modellierung finden sich z.B. bei Schwill (1995), Thomas (2000) oder Günster et al. (i.V.).

Mathematische und informatische Modellierung haben nur wenige Berührungspunkte, da in der Mathematik meist strukturhaltige und in der Informatik prozessreiche Originale modelliert werden (vgl. Thomas, 2000). Bei der Tabellenkalkulation überschneiden sich jedoch beide Fächer. Im Mathematikunterricht wird sie am bayerischen Gymnasium ab der 6. Jahrgangsstufe verbindlich eingesetzt (ISB, o.J.). Aus informatischer Sicht werden hier mathematische Modelle zu Originalen einer informatischen Modellierung. Datenflussdiagramme als geeignetes Modell hierfür sind aber erst Gegenstand der Jahrgangsstufe 9. Derartige Beispiele zeigen, wie schwer selbst bei eng verwandten Fächern die interdisziplinäre Abstimmung der Lehrpläne zu fallen scheint.

## **Variablen und Funktionen**

Variablen und Funktionen treten im Werkzeugkasten beider Fächer auf. Beides erweist sich in der Informatik jedoch stärker strukturiert als in der Mathematik (vgl. Schuster, 2007). Oldenburg (2019) geht auf einige Aspekte von Funktionen ein.

Zur Ablaufmodellierung haben sich in der Informatik verschiedene Paradigmen etabliert, die die Denk- und Arbeitsweisen prägen. Nah an der Mathematik ist das funktionale Paradigma, bei dem Programme aus Funktionen im mathematischen Sinn bestehen und Variablen formale Parameter dieser

Funktionen sind. Die funktionale Programmierung mit LISP, Haskell oder Scala ist im Informatikunterricht jedoch eher selten. In der 9. Jahrgangsstufe (NTG) werden aber zumindest Datenflüsse funktional modelliert. Eine Möglichkeit zur Implementierung dieser Datenflüsse sind Tabellenkalkulationsprogramme. Dies ist auch für den fächerübergreifenden Unterricht attraktiv (Schuster, 2007; Siller, 2008). Man sollte sich dabei aber bewusst sein, dass hier nur der Datenfluss und nicht auch der Kontrollfluss modelliert und implementiert wird. Entsprechend fehlt es z.B. an bedingt oder wiederholt ausgeführten Funktionen sowie an Rekursion.

Im imperativen Paradigma werden Algorithmen durch Aneinanderreihung von Anweisungen, bedingten Anweisungen und Wiederholungen beschrieben. Es ähnelt menschlichen Ablaufbeschreibungen. Sofern im Mathematikunterricht Algorithmen explizit formuliert werden, erfolgt dies ebenfalls oft imperativ (z.B. euklidischer Algorithmus). Variablen werden als benannter Behälter modelliert, der einen Wert speichert (Weigend, 2007). Dieser Wert kann als Kopie entnommen (gelesen) oder ersetzt (geschrieben) werden. Beispielsweise liest die Anweisung  $x = x + 1$  den Wert der Variablen  $x$  und schreibt *danach* den inkrementierten Wert zurück. Die jeder Anweisung inhärente Zeit löst den scheinbaren Widerspruch also auf. Mathematisch kann dies als  $x_{t+1} = x_t + 1$  beschrieben werden, wobei im Unterschied zur Informatik zwei Variablen, die zeitgleich existieren, benötigt werden.

Beim Variablenbegriff zeigen sich im imperativen Paradigma bereits bei einfachsten Algorithmen Unterschiede zum mathematischen Gegenstück. Auch der imperative Funktionsbegriff weist für Mathematik fremdartige Facetten auf. So gibt es Funktionen, die kein Ergebnis liefern oder Funktionen, die bei wiederholten Aufrufen trotz gleicher Parameter unterschiedliche Ergebnisse liefern. Dies ist möglich, da Funktionen nicht nur auf ihre Parameter, sondern auch auf einen Teil des gesamten Systemzustands zugreifen können.

Am bayerischen Gymnasium tritt imperative Programmierung erstmals in Jahrgangsstufe 7 verpflichtend für alle Schülerinnen und Schüler auf. Häufig wird dazu ein virtueller Roboter namens Robot Karol eingesetzt, kein problematischer Funktionsbegriff verwendet und Variablen vermieden. Bei Einführung des informatischen Variablen- und Funktionsbegriffs in der 9. Jahrgangsstufe lassen sich die entsprechenden mathematischen Vorkenntnisse dann informatisch ausbauen oder mit fachspezifischen Modellvorstellungen (Behältermodell, verarbeitender Prozess) deutlich abgrenzen. Hier ist die interdisziplinäre Abstimmung der Lehrpläne also besser gelungen.

Visuelle blockbasierte Programmiersprachen (z.B. Scratch, Snap!) erleichtern den Einstieg in die imperative Programmierung enorm, da hierbei die

syntaktischen Probleme der Schülerinnen und Schüler weitestgehend eliminiert werden. Oldenburg (2019) schlägt sie daher ab der 5. Jahrgangsstufe für fächerübergreifenden Unterricht vor und ist damit im Vergleich zum internationalen Trend, blockbasierte Programmiersprachen schon in der Primarstufe einzuführen, sogar noch zurückhaltend. In Deutschland zeichnet sich auch durch den deutlichen Rückenwind seitens der Medienbildung eine ähnliche Perspektive ab. Die Mathematikdidaktik wird sich wohl mit der Frage beschäftigen müssen, was es für sie bedeutet, wenn die informatischen Variablen- und Funktionsbegriffe von der Medienpädagogik oder der Informatik bereits vor den mathematischen Gegenständen eingeführt werden. Dies kann für die Mathematik auch Vorteile haben (vgl. Oldenburg, 2019).

### **Fächerübergreifender Unterricht**

Mathematik und Informatik haben sich zu zwei eigenständigen Fächern entwickelt. Daher ist allein der ITG-Anteil des Mathematikunterrichts auch nicht in der Lage umfassende informatische Kompetenzen und Inhalte zu vermitteln. Die Nähe beider Fächer bietet aber Potential für fachübergreifenden Unterricht, sei es im Mathematik- oder im Informatikunterricht sowie in anderen schulischen oder außerschulischen Organisationsformen. Exemplarisch sei hier erneut auf Oldenburg (2019) hingewiesen.

Viele Unterrichtsbeispiele sind fachüberschreitend (Labudde, 2014), d.h. in der Mathematik wird z.B. durch informatische Methoden eine Verbindung zur Informatik hergestellt. Bei fächerkoordinierendem Unterricht arbeiten mehrere Fächer hingegen an einer gemeinsamen Problemstellung. Dieser beginnt u.U. schon, wenn im Rahmen des Modellierungskreislaufs (Blum & Leiß, 2005) zur Validierung der realen Resultate nicht nur eine theoretische Reflektion, sondern auch eine experimentelle Überprüfung stattfindet. Besonders für prozessorientierte Probleme bietet sich hier die Informatik an. Als Beispiel sei die mathematische Herleitung der optimalen Kurve für das Einparken genannt, die mit einem programmierbaren Modellfahrzeug experimentell überprüft wird (Hennecke, 2013). Im Rahmen der Schülerprojekt-tage der Fakultät für Mathematik und Informatik arbeiten wir an der Universität Würzburg regelmäßig mit guten Erfahrungen an fächerkoordinierenden Projekten. Exemplarisch seien die Projekte „Gesichtserkennung“ (Hennecke & Ruppert, 2014) und „Spidercam“ (Günster et al., i.V.) genannt.

In diesem Jahr wurde seitens des Bundesverbandes der Schülerlabore das fächerkoordinierende Labor „SmartTree“ des Würzburger M!ND-Centers mit dem 1. Preis in der Kategorie „Schülerlabor digital“ ausgezeichnet. Das Labor wurde anlässlich der Landesgartenschau 2018 konzipiert und untersucht die Frage, wie Bäume das Stadtklima regeln. Dabei greift es auf Daten

des Forschungsprojekts „Klimaerlebnis Würzburg“ zu, das einige Bäume in der Stadt mit Sensoren versehen hat. Diese erfassen neben meteorologischen Daten u.a. auch den Saftfluss im Baum. Im Schülerlabor erkunden die Schüler\*innen zuerst in der Biologie, wie der Saftfluss in Pflanzen funktioniert und welche meteorologischen Einflussgrößen die Transpiration des Baums und damit den Saftfluss beeinflussen. Die Physik beteiligt sich mit einem Versuch zur Messung des Saftflusses an dem Schülerlabor. Nach diesen naturwissenschaftlichen Grundlagen können die Schülerinnen und Schüler im Informatiklabor auf die Forschungsdatenbank zugreifen. Hierzu nutzen sie eine eigens für das Schülerlabor konzipierte schülergerechte Oberfläche für die Abfragesprache SQL. Mit den extrahierten Daten lässt sich abschließend in der Mathematik eine einfache Regressionsanalyse durchführen und so der Zusammenhang zwischen Temperatur und Saftfluss (und damit Abkühlung der Stadt) nachweisen.

## Literatur

- Apostel, L. (1961). Towards the formal study of model in the non-formal sciences. In H. Freudenthal (Hrsg.), *The concept and the role of the model in mathematics and natural and social science* (S. 1–37). D. Reidel Publishing Company.
- Blum, W. & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe. *mathematik lehren* (128), 18–21.
- Berges, M., Ehmann, M., Gall, R., Greubel, A., Günzel-Weinkamm, N., Haller, V., Hennecke, M., Heuer, U., Kronawitter, J., Lindner, A. & Pöhner, N. (2019). Erfahrungsbericht zur Qualifizierungsmaßnahme Informatik als Erweiterungsfach (Lehramt Realschule) in Bayern. In A. Pasternak (Hrsg.), *Informatik für alle* (S. 161–170).
- Brinda, T. et al. (2019). Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt: Ein interdisziplinäres Modell. In A. Pasternak (Hrsg.), *Informatik für alle* (S. 25–33).
- Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK). (1987). *Gesamtkonzept für die Informationstechnische Bildung. Materialien zur Bildungsplanung 16*. Bonn: BLK.
- Gesellschaft für Informatik (2008). Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. *LOG IN*, 28 (150/151), Beilage.
- Gesellschaft für Informatik (2016a). *Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digitalen vernetzten Welt*. [https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung\\_2016-03-23.pdf](https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf) (25.02.2020).
- Gesellschaft für Informatik (2016b). Bildungsstandard Informatik für die Sekundarstufe II. *LOG IN*, 36 (183/184), Beilage.
- Gesellschaft für Informatik (2019). Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. *LOG IN*, 39 (191/192), Beilage.
- Günster, S. M., Pöhner, N., Wörler, J. F. & Siller, S. (i.V.). Mathematisches und informatisches Modellieren verbinden am Beispiel „Seilkamerasystem“. In M. Bracke, M. Ludwig & K. Vorhölter (Hrsg.), *Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 7*. Springer Spektrum.

- Hennecke, M. (2013). Wie Informatik mathematische Modellierungen „zum Leben“ erweckt. In M. Ruppert & J. F. Wörlner (Hrsg.), *Technologien im Mathematikunterricht: Eine Sammlung von Trends und Ideen* (S. 217–224). Springer Spektrum.
- Hennecke, M. & Ruppert, M. (2014). Gesichtserkennung als Unterrichtsprojekt. *LOG IN*, 33 (178/179), 64–70.
- Hennecke, M. (2015). Modellvorstellungen zum Aufbau des Internets. In J. Gallenbacher (Hrsg.), *Informatik allgemeinbildend begreifen* (S. 155–164). GI.
- Heuts, A. & Pinkwart, N. (2019). Informatik in der Sekundarstufe II: Themen und Inhalte des Fachs Informatik in der gymnasialen Oberstufe. *LOG IN*, 39 (191/192), 28–38.
- Kultusministerkonferenz. (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Berlin: Sekretariat der KMK.
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht: Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20, 11–19.
- Oldenburg, R. (2019). Vernetzungen zwischen Informatik- und Mathematikunterricht. *Der Mathematikunterricht*, 65 (4), 14–22.
- Schubert, S., Schwill, A. (2011). *Didaktik der Informatik* (2. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag, 2. Auflage. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2653-6>
- Schuster, A. (2007). Der Variablenbegriff in Mathematik und Informatik. *Beiträge zum Mathematikunterricht*, 144–147.
- Schwill, A. (1995). Fundamentale Idee in Mathematik und Informatik. In H. Hischer & M. Weiß (Hrsg.), *Bericht über die 12. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ in der GDM* (S. 18–25). Franzbecker.
- Siller, S. (2008). Zwei Fächer, eine Idee: Funktionales Modellieren in Mathematik und Informatik. *Schriftenreihe zur Didaktik der Mathematik der Österreichischen Mathematischen Gesellschaft (ÖMG)* (41).
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB). (o.J.). *Lehrplan-PLUS*. <http://www.isb.bayern.de/gymnasium/lehrplan/> (20.02.2020).
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB). (2007). *Informatik am Naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasium Jahrgangsstufe 9: Erläuterungen und Materialien für Lehrkräfte*. Kastner AG.
- Starruß, I. & Timmermann, B. (2011). Informatische Bildung in Deutschland: Eine Analyse der informatischen Bildung an allgemeinbildenden Schulen auf der Basis der im Jahr 2010 gültigen Lehrpläne und Richtlinien. *LOG IN*, 31 (169/170), 49–59.
- Tedre, M. (2018). The Nature of Computing as a Discipline. In S. Sentance, E. Barendsen & C. Schulte (Hrsg.), *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School* (S. 5–18). Bloomsbury Academic.
- Thomas, M. (2000). Modellbildung im Schulfach Informatik. In H. Hischer (Hrsg.), *Modellbildung, Computer und Mathematikunterricht*. Franzbecker.
- Thomas, M. Die Vielfalt der Modelle in der Informatik. In R. Keil-Slawik & J. Magenheimer (Hrsg.), *Informatikunterricht und Medienbildung: INFOS 2001* (S. 173–186).
- Tulodziecki, G. (2016): Konkurrenz oder Kooperation? Zur Entwicklung des Verhältnisses von Medienbildung und informatischer Bildung. *MedienPädagogik* (25), 7–25.
- Weigend, M. (2007). *Intuitive Modelle der Informatik*. Universitätsverlag Potsdam.