

Allgemeinbildender Informatikunterricht?

Ein neuer Blick auf H. W. Heymanns
Aufgaben allgemeinbildender Schulen

Helmut Witten

Fachseminar für Informatik
am 1. Schulpraktischen Seminar (S) Charlottenburg
Walther-Rathenau-Oberschule (Gymnasium)
Herbertstr. 4
14193 Berlin
witten@bics.be.schule.de
helmut@witten-berlin.de

Abstract: Die Informatik muss nach wie vor um die Anerkennung als etabliertes Schulfach kämpfen. Dabei spielt die Frage, was und wie dieses Fach zur Allgemeinbildung beitragen kann, eine wichtige Rolle sowohl in der bildungspolitischen Auseinandersetzung als auch in der Beurteilung der Qualität von Informatikunterricht. Im Zentrum des Artikels steht der von Hans Werner Heymann entwickelte Katalog von Aufgaben der allgemeinbildenden Schulen und seine Anwendung auf den Informatikunterricht. Dabei sollen folgende Fragen behandelt werden: Inwiefern kann Informatikunterricht zur Lebensvorbereitung, zur Stiftung kultureller Kohärenz, zur Weltorientierung, zur Anleitung zum kritischen Vernunftgebrauch, zur Entfaltung von Verantwortungsbereitschaft, zur Einübung in Verständigung und Kooperation und zur Stärkung des Schüler-Ichs beitragen?

1 Informatik und Allgemeinbildung in der Fachdidaktik Informatik

Die Informatik ist im Kanon der etablierten allgemeinbildenden Fächer (noch) nicht vertreten. Deswegen ist das Bemühen der Fachdidaktiker verständlich, den allgemeinbildenden Wert dieses Faches nachzuweisen, meist verbunden mit Appellen, wie sich der Informatikunterricht ändern müsse, damit sein Bildungspotential endlich allgemein anerkannt wird.

Wenn man die Artikel und Bücher zu diesem Thema studiert, stellt man verblüfft fest, dass sich die Fachdidaktiker nur in Ausnahmefällen¹ mit dem Stand der bildungstheoretischen Diskussion auseinandergesetzt haben. Häufig vertretene Argumentationsmuster sind dagegen:

1. Die Schulinformatik soll sich an den „etablierten“ Fächern aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich orientieren².
2. Die Schulinformatik soll sich auf die grundlegenden, zeitlich invarianten Inhalte der Informatik (z. B. die sog. „fundamentalen Ideen“) konzentrieren [Sc93].
3. Die Schulinformatik wird allgemeinbildend, wenn sie sich an einem didaktisch reduzierten Grundstudium Informatik orientiert³.

Natürlich ist an jeder dieser Positionen etwas „dran“, gemeinsam ist ihnen aber, dass eine fachbezogene Auseinandersetzung mit dem Bildungsbegriff vermieden wird, indem man auf etwas zurückgreift (die Schulmathematik, die Wissenschaft Informatik, das Hochschulcurriculum Informatik), dessen Bildungswert (tatsächlich oder vermeintlich) außer Frage steht. Abgesehen davon, dass eine solche Argumentation intellektuell wenig befriedigend ist, kann man natürlich einen impliziten Begriff von Bildung nicht wirklich vermeiden, nur tritt er bei einer solchen Argumentation nicht offen zu Tage und ist damit nicht ohne weiteres diskutierbar.

Diese Vermeidungshaltung erklärt sich meines Erachtens daraus, dass Bildung ein Begriff aus dem Bereich der Humanwissenschaften ist; Die bildungstheoretische Didaktik gehört zu den Geisteswissenschaften. Auf diesem Gebiet fühlen sich mathematisch-technisch-naturwissenschaftlich geprägte Menschen in der Regel unsicher – daher der Rückzug auf bekanntes (fachwissenschaftliches) Terrain. Ein weiterer Grund ist möglicherweise die schillernde Bedeutungsvielfalt des Bildungsbegriffs, die (Kern-)Informatikern suspekt ist.

Im Rahmen dieses Aufsatzes kann die Bildungstheorie nicht referiert werden, einige wenige Anmerkungen müssen genügen⁴:

- Bilden können sich nur Menschen, die dies wollen, niemand kann gegen seinen Willen „gebildet werden“. Insofern kann die allgemeinbildende Schule nur die Rah-

¹ Löbliche Ausnahmen sind z. B. [Eb96] und [Wi00]. In [Hu00] wird der bildungstheoretische Ansatz kurz gestreift (S. 25f.), allerdings wird dabei nur auf ältere Schriften von Klafki aus den 50er und 60er Jahren Bezug genommen. Der in den neueren Schriften Klafkis [K194] entfaltete wichtige Begriff der Schlüsselprobleme fehlt bei Hubwieser. In den Artikeln [En95] und [En96] hat Dieter Engbring einen Versuch unternommen, das Verhältnis von Informatik und Allgemeinbildung zu klären. Dieser kann aber m. E. weder inhaltlich noch sprachlich überzeugen.

² vgl. z.B. den ansonsten sehr lesenswerten Artikel von Hartmann und Nievergelt [HN02]. Bei dieser Argumentation wird übersehen, dass nach TIMSS und PISA auch die „etablierten“ Fächer wie die Mathematik unter erheblichen Reformdruck geraten sind.

³ Diese extreme Position der „Abbilddidaktik“ wird von Peter Bartke und Christian Maurer vertreten, vgl. [BM00] und [Ma00].

⁴ Hilbert Meyer [Me02] gibt einen kurzen, gut lesbaren Überblick auf nur 12 Seiten. Ausführlich wird die Entwicklung des Bildungsbegriffs im ersten Abschnitt der Habilitationsschrift von Hans Werner Heymann dargestellt [He96]. Immer wieder lesenswert sind auch die Schriften des Nestors der bildungstheoretischen Didaktik, Wolfgang Klafki, z. B. sein Standardwerk „Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik“ [K194]. Auch der Essay von Hartmut von Hentig zu diesem Thema [He99] ist bedenkenswert.

menbedingungen schaffen und (möglichst attraktive) Angebote machen. Ob diese Angebote von den Lernenden angenommen werden, hängt u. a. davon ab, dass sie diese als sinnvoll erleben.

- Das Ideal der Bildung ist ein Erbe der Aufklärung und zielt auf die Befähigung zu vernünftiger Selbstbestimmung, auf Mündigkeit, auf Kritikfähigkeit, Sachkompetenz und Solidarität.
- Bildung wird immer im Rahmen ganz bestimmter historisch-gesellschaftlich-kultureller Gegebenheiten erworben, ist also nicht „zeitlos“.
- Der Bildungsprozess erfolgt in der Gemeinschaft von Lehrenden und Lernenden.

Die Bildungstheorie schafft einen Standpunkt *außerhalb* des Faches Informatik, von dem aus geklärt werden kann, in welchem Umfang alle Heranwachsenden informatische Inhalte und Methoden (kennen) lernen sollten. Man muss sich klar machen, dass sich diese Frage mit informatisch-fachlichen Kenntnissen *allein* nicht beantworten lässt.

Der Bildungsbegriff ist sehr allgemein. Um ihn für die Lehrenden nutzbar zu machen, stellte Wolfgang Klafki schon zu Beginn der 60er Jahre in seinem Aufsatz „didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung“ einen konkreten Fragenkatalog zusammen, der beantwortet werden sollte, bevor den Lernenden bestimmte Lerninhalte und Aufgaben zugemutet werden (vgl. z B. [Me02], S. 68 f). Bei jedem Unterrichtsinhalt soll nach der Gegenwartsbedeutung und Zukunftsbedeutung für die Kinder gefragt werden. Erst nachdem der Gegenstand auf diese Weise in die spezifisch pädagogische Sicht gerückt wurde, werden die Fragen nach der Struktur des Inhalts und seiner exemplarischen Bedeutung untersucht. Zum Schluss wird die Frage der Zugänglichkeit geklärt: Wie kann der jeweilige Inhalt den Kindern dieser Bildungsstufe, dieser Klasse interessant, fragwürdig, zugänglich, begreiflich, „anschaulich“ werden?

Lösungsvorschläge des schulpädagogischen Grundproblems („Was soll wie gelehrt und gelernt werden?“) müssen nach bestimmten Kriterien bewertet werden. Hans Werner Heymann hat im Lauf der 80er und 90er Jahre ein Allgemeinbildungskonzept entwickelt, das dafür einen Maßstab bereitstellt. Seine Habilitationsschrift „Allgemeinbildung und Mathematik“ [He96] besteht aus zwei Teilen: Im ersten entwickelt er einen Katalog von sieben *Aufgaben der allgemeinbildenden Schulen* (zu diesen Aufgaben Genaueres weiter unten), im zweiten Teil wendet er die so gewonnene „Meßlatte“ auf den Mathematikunterricht (mit Schwerpunkt in der Sekundarstufe I) an. Obwohl er selbst Mathematiker ist, nimmt er hier einen Standpunkt außerhalb der Mathematik ein, indem er deutlich zwischen dem Wert und der Bedeutung der Mathematik als solcher und der Notwendigkeit eines für alle verbindlichen Mathematik-Unterrichts unterscheidet⁵.

⁵ Es liegt auf der Hand, dass sich H. W. Heymann damit nicht nur Freunde unter den Mathematik-Didaktikern erworben hat (vgl. z. B. [BD01], S. 26). Gleichwohl hat die von ihm mit angestoßene Diskussion einen starken Einfluss auf die Entwicklung der aktuellen Mathematik-Rahmenpläne in NRW gehabt.

Heymanns Aufgaben allgemeinbildender Schulen sind so formuliert worden, dass damit nicht nur das Schulfach Mathematik auf seinen allgemeinbildenden Wert hin befragt werden kann. In einer Artikelserie der Zeitschrift Pädagogik, die auch als Buch vorliegt [He97], wurde dieser Katalog auch auf die Fächer Englisch, Deutsch, Politische Weltkunde, Biologie, Sport und Musik aus jeweils spezifischer fachdidaktischer Sicht angewendet. Leider findet sich in diesem Büchlein kein Beitrag über die Informatik, da es sich bewusst auf die „etablierten“ Fächer beschränkt. Mit diesem Artikel soll versucht werden, diese Lücke zu schließen.

2. Informatikunterricht und die Aufgaben der allgemeinbildenden Schulen nach H. W. Heymann

Seit H. W. Heymann im Jahr 1987 (zusammen mit Hans Bussmann) einen Artikel mit dem Titel „Computer und Allgemeinbildung“ [BH87] veröffentlicht hat, gehört er zu den meistzitierten Autoren in der Fachdidaktik Informatik⁶. Ironischerweise wurde von den Informatik-Didaktikern meist nicht zur Kenntnis genommen, dass Bussmann und Heymann in ihren frühen Werken zu z. T. sehr computerkritischen Positionen kamen, am ausgeprägtesten Hans Bussmann in [Bu88], in dem er den Einsatz von Computern in der Schule mit der schwarzen Pädagogik des 19. Jahrhunderts in Verbindung bringt: Der Einsatz von Computern in der Schule solle dazu dienen, den Eigensinn der Kinder zu brechen. In [BH85] setzen sich Bussmann und Heymann kritisch mit Paperts Micro-Welten und dem von ihm behaupteten Bildungswert der Programmiersprache LOGO auseinander, in [BH87] kommen sie zu dem Schluss, dass für die Allgemeinbildung zwar ein gewisses Maß an Computerkenntnissen wünschenswert sei, ein eigenes Fach Informatik aber nicht benötigt würde.

In dem Artikel [BH87] findet sich eine erste Fassung der Aufgaben allgemeinbildender Schulen, die später noch weiterentwickelt, z. T. umformuliert und in der erwähnten Habilitationsschrift [He96] sehr differenziert dargelegt werden. Leider ist diese Weiterentwicklung in der Fachdidaktik Informatik bislang nicht zur Kenntnis genommen worden. So bezieht sich Peter Hubwieser in seinem Didaktik-Buch [Hu00] immer noch auf die Fassung der Aufgaben aus dem Jahr 1987. Die Ausführungen zu den Aufgaben in der fachdidaktischen Informatik-Literatur sind z. T. recht oberflächlich und erwecken mitunter den Eindruck, hier müsse noch ein allgemein akzeptierter Katalog „abgehakt“ werden.

Im Folgenden werden die sieben Aufgaben allgemeinbildender Schulen kurz vorgestellt und mit Blick auf die Schulinformatik untersucht. Dabei muss beachtet werden, dass diese Aufgaben weder überschneidungsfrei noch gleichgewichtig sind, ein „Abhaken“ wäre also nicht sachgerecht. Vielmehr soll bei den einzelnen Aufgaben – wenn nötig – auf Verbindungen zu anderen Aufgaben eingegangen werden.

⁶ s. z. B. [Ba90], [Le92], [PSW92], [En95], [En96], [Ba96], [Hu00]

Der Fokus der Überlegungen wird dabei auf den Informatikunterricht in der Sekundarstufe I gerichtet, weil dieser nach der Überzeugung der Mehrzahl der Fachdidaktiker zum Pflichtbereich der allgemeinbildenden Schulen gehören sollte. Diese Auffassung soll im Folgenden aber nicht vorausgesetzt, sondern mit möglichst unbefangenen Blick aus pädagogischer Sicht neu untersucht werden.

Der Computereinsatz in der Primarstufe und in anderen Unterrichtsfächern sowie der Informatikunterricht in der Sekundarstufe II werden an passender Stelle ebenfalls in den Blick genommen.

2.1 Lebensvorbereitung

„Nicht für die Schule, sondern für das Leben lernen wir“ – seit dem klassischen Altertum ist dies die Parole aller Pädagogen, die widerspenstigen Schülern entgegengehalten wird. Wenn man Lebensvorbereitung als Aufgabe allgemeinbildender Schulen formuliert, ist man sich – zumindest unter Erwachsenen – breiter Zustimmung sicher.⁷

Fasst man den Begriff der Lebensvorbereitung sehr weit, gehören auch alle weiter unten genannten Aufgaben dazu. Heymann nutzt diesen Begriff zur Abgrenzung von den anderen Aufgaben aber in einem stark eingeschränkten Sinn: Vorbereitung auf all das, was für die Lernenden jetzt oder später unverzichtbar ist und was sie ohne Schule nicht lernen würden ([He96], S. 61). Als Beispiele hierfür nennt Heymann die „Kulturtechniken“ des Lesens, Schreibens und Rechnens, als Gegenbeispiel nennt er u. a. „Programmieren können“. Die Aufgabe Lebensvorbereitung umfasst also eine Art Minimalcurriculum, das für die Allgemeinbildung notwendig, aber keineswegs hinreichend ist.

Trotz dieser Einschränkungen muss man bei der heutigen Verbreitung von Computern⁸ zumindest über elementare Fähigkeiten verfügen, damit umzugehen. Daraus folgt aber keineswegs, dass dieser Umgang in der Schule gelernt werden muss. Ich nehme an, dass viele Leserinnen und Leser dieses Artikels den Umgang mit Textverarbeitungssystemen und modernen Benutzeroberflächen nicht in der Schule gelernt haben. Da die Schule auf das Leben vorbereiten soll, muss man auch bedenken, dass fast alles konkrete Wissen um Computerbedienung, um Hardwarekomponenten, Betriebssysteme, Anwendungssysteme und Programmiersprachen in wenigen Jahren wieder überholt sein wird (vgl. [He00]). Der Erwerb eines „Computerführerscheins“ dient also nur sehr begrenzt der Lebensvorbereitung im engeren Sinn.

Damit wird von mir aber keinesfalls die immer noch anzutreffende Position unterstützt, dass Computer und Internet nichts an den Schulen zu suchen hätten. Die weite Verbreitung vernetzter Rechner in der Wirtschaft, in den Verwaltungen, in der Wissenschaft und

⁷ Heymann schreibt dazu einschränkend: „Der vordergründige Konsens [droht aber] schnell zu zerbrechen [...], wenn mögliche Konkretisierungen in Angriff genommen werden: Die Forderung nach Lebensvorbereitung läßt sich halt von den verschiedensten bildungspolitischen und gesellschaftstheoretischen Positionen her in Beschlag nehmen“ ([He96], S. 51. Rechtschreibung in diesem und den folgenden Zitaten wie im Original).

⁸ Dies gilt in dieser Form nur für die Industriestaaten. Das Problem der ungleichen Entwicklung muss in diesem Artikel ausgespart werden.

im privaten Bereich würde eine „computerfreie“ Schule geradezu als lebensfremd erscheinen lassen. Außerdem sind die Zugangsmöglichkeiten für die Schülerinnen und Schüler aus verschiedenen sozialen Umfeldern sehr unterschiedlich, so dass die Schule damit auch die Chancengerechtigkeit erhöhen und der „digitalen Spaltung“ entgegenwirken kann.

Mit einer Computerausstattung kann aber auch der Erwerb formaler Qualifikationen unterstützt werden, die für die Lebensvorbereitung unverzichtbar sind: Fähigkeit zu selbstständiger Informationsbeschaffung; Fähigkeit, aus einem überreichen Informationsangebot kritisch auszuwählen; Aktiver und sachgerechter Umgang mit modernen Medien (vgl. [He96], S. 64). An dieser Stelle muss dem – besonders unter Politikern – weitverbreiteten Irrglauben entgegengetreten werden, dass dies quasi automatisch erfolgen würde, wenn die Schulen entsprechend ausgestattet sind. Es bedarf weiterhin erheblicher Anstrengungen bei der Entwicklung überzeugender didaktischer Konzepte und bei der Umgestaltung der Lehreraus- und -fortbildung – ganz zu schweigen von dem immer noch ungelösten Problem der Systembetreuung (vgl. [GI01]).

Die im letzten Absatz genannten formalen Qualifikationen können keineswegs ausschließlich im Informatikunterricht erworben werden: Hier sind sowohl die Grundschule als auch die Fächer aus dem sprachlich-künstlerischen und dem gesellschaftswissenschaftlichen Bereich der Sekundarstufen in besonderem Maße gefragt⁹.

2.2 Stiftung kultureller Kohärenz

Als Teil des Allgemeinbildungskonzeptes haben Bussmann und Heymann die „Stiftung kultureller Kohärenz“ bereits in [BH87] aufgeführt. Diese Aufgabe allgemeinbildender Schulen bedarf aufgrund ihrer etwas sperrigen Begrifflichkeit einer näheren Erläuterung¹⁰. Erschwerend kommt hinzu, dass die Definition dieses Begriffs von 1987 bis 1996 durch Heymann in einem wesentlichen Punkt erweitert wurde, so dass wir hier kurz auf die Unterschiede eingehen müssen. Im Jahr 1987 bezeichneten Bussmann und Heymann diese Aufgabe auch kurz als „Tradierungs-Postulat“. Hier ging es ihnen also vorrangig um die Aneignung von Kulturgütern, die in der Vergangenheit geschaffen wurden.¹¹

In der späteren Ausarbeitung des Allgemeinbildungskonzeptes hat Heymann eine weitere, wichtige Dimension hinzugefügt: Neben dem Zusammenhang von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft sollen auch „synchrone“ Verflechtungen innerhalb der Gesamt-

⁹ An vielen Schulen Kollegen durch Informatik-Lehrer fortgebildet, meist ohne Kompensation durch Ermäßigung oder Honorar. Die zunehmende Nutzung des Computers in anderen Fächern führt außerdem zu einer weiteren Belastung der Systemverwalter.

¹⁰ Heymann schreibt zu diesem Begriff: „Von den Aufgaben allgemeinbildender Schulen, die ich hier zur Diskussion stelle, ist gewiß die ‚Stiftung kultureller Kohärenz‘ auf den ersten Blick am wenigsten klar, schon wegen der gewählten Begrifflichkeit“ [He96], S. 65.

¹¹ Mit den Worten von Goethe: „Was Du ererbst von Deinen Vätern, erwirb es, um es zu besitzen“. Gerade im Bereich der informatischen Bildung ist es m. E. sehr wichtig, die IT-Systeme in ihrer geschichtlichen Entwicklung zu sehen, in der Betonung einer technikgenetischen Sichtweise möchte ich Dieter Engbring ausdrücklich zustimmen (vgl. [En95] und [En96]).

kultur sichtbar gemacht und Brücken zwischen einander partiell fremden Teilkulturen gebaut werden. Für uns ist besonders wichtig, dass solche Teilkulturen durchaus auch Fachkulturen sein können ([He97], S. 12).

Diese Bezüge können nicht durch „fachspezialistische Vereinseitigung“ hergestellt werden: „In allen Fächern sind zentrale Ideen aufzusuchen, mittels derer sich Brücken schlagen lassen zwischen Fach und außerfachlicher Kultur, anhand derer sich deutlich machen läßt, was das Fach (bzw. die korrespondierende Wissenschaft) für die Kultur-entwicklung bedeutet, wie es mit ihr verwoben ist, wie es mit dem täglich erfahrbaren gesellschaftlichen Alltag verknüpft ist“ ([He96], S. 78). Gesucht sind also „Schnittstellen“ zwischen der Informatik und der übrigen Kultur.

In der Fachdidaktik Informatik haben die von Andreas Schwill vorgeschlagenen fundamentalen Ideen starke Beachtung gefunden. Als fundamentale Ideen nennt Schwill erstens „Algorithmisierung“ mit den Unterpunkten „Entwurfspadigmen“, „Programmierkonzepte“, „Ablauf“, „Evaluation“, zweitens „strukturierte Zerlegung“ mit den Unterpunkten „Modularisierung“, „Hierarchisierung“, „Orthogonalisierung“ und drittens „Sprache“, aufgliedert nach „Syntax“ und „Semantik“¹².

Werden mit diesen Ideen die gesuchten Schnittstellen zwischen der Fachkultur der außerfachlichen Kultur beschrieben? In seinem Artikel argumentiert Schwill eher lernpsychologisch als bildungstheoretisch, die Ideen orientieren sich vorrangig an der Struktur der Kerninformatik unter weitgehender Ausblendung der ingenieurwissenschaftlichen Aspekte. Es ist also mit guten Gründen zu bezweifeln, dass die von Schwill aus der Analyse der Wissenschaft gewonnenen Ideen der Informatik die von Heymann in diesem Zusammenhang aufgeworfenen Fragen beantworten können. Darüber hinaus ist diese Auswahl auch nicht unumstritten, Rüdiger Baumann hat sie in der ihm eigenen Art regelrecht zerrissen: „Der Ideenkatolog [...] steckt voller sachlogischer Fehler; er ist lückenhaft, willkürlich und vermittelt ein falsches Bild der Informatik. [...] Der Versuch, einen rein an der Wissenschaft Informatik orientierten, d. h. ohne Auseinandersetzung mit einem Bildungsbegriff entstandenen, Ideenkatolog zu propagieren, ist didaktisch verfehlt, das Ergebnis wertlos.“ ([Ba98], S. 92).¹³

Die Frage bleibt also offen: Was sind die „zentralen Ideen“ der Informatik im Sinne von Heymann? Rüdiger Baumann geht von den lebensweltlichen Bereichen des Rechnens, Führens (Steuern und Regeln) sowie des Kommunizierens aus und leitet daraus „Formalisierung“, „Automatisierung“ und „Vernetzung“ als historisch gewachsene fundamentale Ideen der Informatik ab ([Ba96], S. 50 ff). Die von Baumann in den Blick genommene historische Perspektive trägt somit dem „Tradierungspostulat“ Rechnung.

¹² Der Artikel [Sc93] wird auch häufig in mathematik-didaktischen Veröffentlichungen zitiert, so z. B. in [BD01], S. 48: „Dabei sollte bedacht werden, dass viele fundamentale Ideen der Informatik [im Sinn von Schwill, H. W.] auch zentrale Ideen des Mathematikunterrichts sind“. Natürlich kann man Andreas Schwill nicht für diese Vereinnahmung durch Mathematik-Didaktiker verantwortlich machen. Die Größe der Schnittmenge bzw. der Differenz zwischen Mathematik und Informatik wird in den Fachdidaktiken nach wie vor kontrovers diskutiert. Diese Diskussion kann im Rahmen dieses Beitrag nur ansatzweise aufgegriffen werden.

¹³ Nebenbei gesagt führt Baumann in diesem Artikel wieder einmal die Heymannschen Bildungsziele in der Fassung von 1987 auf.

Wie sieht es dagegen mit der „synchronen“ kulturellen Kohärenz aus? Welche Ideen sind auch für informatik- und technikferne Menschen so erhellend, dass sie in einem Pflichtunterricht Informatik in der Sekundarstufe I vermittelt werden sollten?

Peter Denning hat in [De99] die Tätigkeitsfelder im Bereich der Informatik (bzw. Computer Science) untersucht und kategorisiert. Er arbeitet drei grundlegende Informatik-Paradigmen bzw. Prozesse heraus: *Theory* (das entspricht im Wesentlichen der Idee der Formalisierung), *Experimentation* (manchmal auch als *Abstraction* bezeichnet) und *Design*. Er betrachtet dann zwölf Untergebiete der Informatik¹⁴ und beschreibt in einer Matrix, was Theoretiker, Experimentatoren und Designer in den jeweiligen Gebieten tun.

Weil Denning nicht von der Wissenschaft als abstraktem Gebäude, sondern von den konkreten Tätigkeiten der Informatiker ausgeht, lohnt es sich, seine Ideen im Hinblick auf unsere Fragestellung näher zu untersuchen. Dabei will ich mich wegen des gewählten Schwerpunktes (Informatik Sek I) auf die beiden letztgenannten Paradigmen der Informatik konzentrieren. Außerdem ist die Theorie für die komplexen IT-Systeme der Praxis z. Zt. nur begrenzt hilfreich¹⁵.

Es ist sicherlich ungewohnt, Informatiker als Experimentatoren zu betrachten, aber bei näherer Überlegung ist dies nicht so abwegig wie es zunächst scheinen mag. Wenn von „Simulation“ oder „informatischem Modellieren“ gesprochen wird, meint dies doch, dass ein (in der Regel reduziertes) Modell von Naturvorgängen, von Geschäftsprozessen, vom Wahlverhalten der Stimmberechtigten, von noch nicht existierenden technischen Systemen oder (im militärischen Bereich) von noch nicht geschlagenen Schlachten erstellt, implementiert und getestet wird – sozusagen unter Laborbedingungen. In Analogie zu den experimentellen Physikern (die im übrigen heute ohne ergänzende Computer-Experimente nicht mehr auskommen) stellen experimentelle Informatiker Hypothesen auf, die verifiziert oder falsifiziert werden können, nur ist der Gegenstandsbereich der Experimente nicht auf die unbelebte Natur beschränkt. So werden beim „rapid prototyping“ z. B. Modelle von Geschäftsvorgängen erstellt, die mit den künftigen Anwendern getestet werden können.

Auch innerhalb der Informatik können viele Probleme, die der Theorie z. Zt. noch nicht zugänglich sind, nur experimentell gelöst werden¹⁶. So erinnert die Entwicklung großer Software-Systeme trotz aller Fortschritte im Detail immer noch eher an die Bauhöfen der gotischen Kathedralen als an moderne, weitgehend automatisierte Fabriken.

¹⁴ Diese Gebiete sind: Algorithms & Data Structures, Programming Languages, Architecture, Operating Systems and Networks, Software Engineering, Databases & Information Retrieval, Artificial Intelligence & Robotics, Graphics, Human Computer Interaction, Computational Science, Organizational Informatics und Bioinformatics, s. [De99], S. 9.

¹⁵ „With a few notable exceptions including logic design, graphics, algorithm analysis, and compilers, theory has had limited impact on the complex problems of practical systems and applications“ ([De99], S. 8).

¹⁶ vgl. [De99], S. 9ff.

Dies leitet zu dem dritten Paradigma nach Denning über: *Design*¹⁷. Design oder Gestaltung rückt den ingenieurwissenschaftlichen Aspekt der Informatik in den Mittelpunkt. Informatikunterricht kann und muss meiner Meinung nach auch Bildung über Technik sein. Dies kann angesichts unserer von Wissenschaft und Technik geprägten Welt nicht erst in der beruflichen Bildung Platz greifen, sondern muss schon in den allgemeinbildenden Schulen thematisiert werden. Informatikunterricht bietet die Chance, exemplarisch Probleme der Entwicklung technischer Systeme zu behandeln.

Auf der anderen Seite sind IT-Systeme Artefakte, die nicht nur Vorhandenes nachbilden und dadurch (möglicherweise) die Effektivität erhöhen, sie sind auch selber gesellschaftsverändernd. Das schlagendste Beispiel hierfür ist das Internet, die mit Abstand komplexeste Maschine, die jemals von Menschen gebaut wurde. Im Informatikunterricht können sich die Heranwachsenden mit der gesellschaftsverändernden Wirkung technischer Entwicklungen auseinandersetzen¹⁸.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich m. E., dass die von Denning herausgearbeiteten Haupt-Paradigmen sehr wohl Grundlage für die Formulierung fundamentaler Ideen im Sinne von Heymann sein können. Während das erste Paradigma (*Theory*) erst vertieft in der Sekundarstufe II wissenschaftspropädeutisch aufgegriffen werden kann, sind die anderen beiden Paradigmen (*Experimentation* und *Design*) m. E. auch in der Mittelstufe mit geeigneten Inhalten und Programmwerkzeugen zumindest in Grundzügen zu vermitteln¹⁹.

2.3 Weltorientierung

Vielen mag die oben aufgeführte Aufgabe der Lebensvorbereitung zu eng gefasst sein. Diese Aufgabe wird aber ergänzt durch die der Weltorientierung: Ein umfassenderes, ‚luxurierendes‘ Wissen ist notwendig, um ein differenziertes Weltbild mit einem weiten Urteilshorizont zu entwickeln, um sowohl den eigenen Standort in der Welt als auch seine Relativierung zu ermöglichen ([He96], S. 79 f). Nur mit einer solchen Argumentation lässt sich begründen, dass eine breite Orientierung in den unterschiedlichen Fächern der allgemeinbildenden Schulen vermittelt wird.

Die Informatik durchdringt alle Lebensbereiche immer stärker, wobei die meisten Mikroprozessoren in Waschmaschinen, Kühlschränken, Handys und Autos quasi „unsichtbar“ sind. Aber auch in den weit verbreiteten PCs und Spielkonsolen ist die Technik unter glatten und benutzerfreundlichen Oberflächen verborgen. Entgegen einer vielfach

¹⁷ Zum Folgenden vergleiche auch den sehr lesenswerten Artikel von Carsten Schulte „Vom Modellieren zum Gestalten“ [Sc01a].

¹⁸ Der häufig gebrauchte Einwand, dass dies typische Themen für den gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht (PW, GK etc.) seien, kann nicht überzeugen: Erstens ist dieser Unterricht ohnehin mit Inhalten und Themen überfrachtet, für die sich sonst niemand zuständig fühlt und zweitens fehlen den dort Unterrichtenden in aller Regel die notwendigen informatischen Fachkenntnisse.

¹⁹ Hier fehlt eine genaue Formulierung der fundamentalen Ideen der Informatik im Sinn von Heymann. Dies würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen und wäre einen eigenen Artikel wert.

wiederholten Behauptung sind Jugendliche offensichtlich nicht technikfeindlich – Handys, MP3-Player, Spielkonsolen usw. werden häufig und gerne genutzt. „Aber Technik zu verwenden und sie zu verstehen ist nicht dasselbe. Die Computertechnik, zum Beispiel, ist heute zwar leichter zu benutzen als vor 20 Jahren, doch schwerer zu begreifen. Die Benutzeroberflächen versiegeln die Technik gegen den Zugriff des Laien“ ([Ra02], vgl. auch [St02]). Es ist daher Aufgabe einer Weltorientierung durch informatische Bildung, die Informationstechnik in den alltäglichen Anwendungen sichtbar und verstehbar zu machen.

Angesichts einer unübersehbaren Anzahl von Einsatzmöglichkeiten kann dies selbstverständlich nur exemplarisch erfolgen. Aber wie kann geklärt werden, anhand welcher Anwendungen zentrale Informatik-Inhalte verdeutlicht werden können? Was sind überhaupt zentrale Informatik-Inhalte? Eine naheliegende Antwort wäre die Orientierung an der Fachwissenschaft Informatik. Heymann grenzt jedoch die Aufgabe der Weltorientierung klar von der der Wissenschaftsorientierung ab.²⁰

Wir leben aber in einer von den Wissenschaften geprägten Welt, so dass die Auseinandersetzung damit unerlässlich für eine Weltorientierung ist. Als minimaler rationaler Kern der Wissenschaftsorientierung kann festgehalten werden: Es soll nichts gelehrt werden, was nach dem Wissensstand in den zuständigen Fachwissenschaften (hier: der Informatik) als falsch einzustufen ist. Dies ist aber keineswegs hinreichend. Die Jugendlichen sollten über die zentralen Gegenstandsbereiche der Informatik und ihre jeweilige Problemlösekapazität Bescheid wissen.

Eine so verstandene Wissenschaftsorientierung führt wieder zu den im vorigen Abschnitt besprochenen fundamentalen Ideen der Informatik, die nicht nur durch eine immanente Untersuchung der „structure of the discipline“ (Bruner), sondern auch durch den Blick von „außen“ gewonnen werden müssen.

Zur Weltorientierung gehört aber mehr, als über einzelne Fachdisziplinen informiert zu sein. Mit der Forderung, auch die zentralen Zeit- und Weltprobleme in den Mittelpunkt der Weltorientierung zu stellen, bezieht sich Heymann auf die von Klafki eingeführten „Schlüsselprobleme“ (wie z. B. die Friedensfrage und die Umweltfrage):²¹ Wolfgang Klafki nennt unter den epochaltypischen Schlüsselproblemen ausdrücklich die Gefahren und die Möglichkeiten der neuen technischen Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien ([K194], S. 59, vgl. [PSW92]).

²⁰ „In dem Maße, in dem einseitige und überzogene Auslegungen dieses Prinzips an Boden gewannen – insbesondere während der Bildungsreform-Ära –, wurden wichtige Aspekte der ursprünglichen Idee in den Hintergrund gedrängt: nämlich die lebensweltlichen und nicht primär wissenschaftlich repräsentierbaren Akte des Weltverstehens, sichtbar etwa an der Tendenz – um nur ein Beispiel zu nennen –, Musik auf Musikwissenschaft zu reduzieren.“ [He96], S. 80

²¹[K194], S. 43. Heymann schreibt dazu: „Daß eine Weltorientierung, die diesen Namen verdient, nicht unter Ausblendung der globalen Gefahren und Bedrohungen vermittelt werden kann, versteht sich von selbst. [...] Die Auseinandersetzung mit den Welt- und Schlüsselproblemen ist im Rahmen der Allgemeinbildung dringend notwendig. Sie sollte auf den Aufbau eines allgemeinen Vorstellungs- und Urteilshorizonts bezogen werden. Sie ist einzubetten in eine nicht nur kurzatmig erworbene Kenntnis von historischen, politischen, geographischen, naturwissenschaftlichen und ökologischen Zusammenhängen.“ [He96], S. 87 f.

Der Gedanke, dass rein fachbezogenes Lernen notwendig, aber nicht hinreichend für Weltorientierung ist, hat inzwischen auch Eingang in die KMK-Vereinbarungen gefunden ([KMK00], S. 4). Diese Argumentation sollte aber nicht nur auf die gymnasiale Oberstufe, sondern erst recht auf die Sekundarstufe I angewendet werden.

Die Forderung nach fächerübergreifendem und fächerverbindendem Lernen wird häufig gestellt, im Schulalltag aber selten realisiert²². Gerade der Informatikunterricht hat ein großes Potential für fächerübergreifendes Lernen, das bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist: Probleme der künstlichen Intelligenz (Philosophie, Biologie), Bildbearbeitung und Visualisierung (Mathematik, Medizin, Kunst), Kryptologie und Computersicherheit (Gesellschaftskunde, Mathematik), Computerlinguistik (Deutsch), Computerspiele (Religion und Ethik) und Bioinformatik – um nur einige Beispiele zu nennen.

2.4 Anleitung zum kritischen Vernunftgebrauch

Wenn man die Rede von den „Chancen und Risiken“ nicht nur als leere Worthülse nimmt, müssen Lernende durch den Unterricht befähigt werden, Einsatzmöglichkeiten der Informationstechnik kritisch zu bewerten und vernünftige Kriterien für die Gestaltung von IT-Systemen zu entwickeln. Hierfür benötigen sie die Fähigkeit zum kritischen Vernunftgebrauch, verbunden mit der geistigen Haltung, den Dingen auf den Grund gehen zu wollen.

Natürlich kann der Informatikunterricht nicht der einzige Ort sein, an dem diese Fähigkeit und Haltung erworben wird,²³ er eignet sich dafür aber in besonderer Weise, wenn die Aufgabe der Allgemeinbildung ernst genommen wird.

Hierzu muss den Schülerinnen und Schülern genügend Zeit eingeräumt werden, sich mit den Anforderungen an Software und Informatiksysteme handelnd auseinander zu setzen. Dabei sollte die gleichermaßen triviale wie fundamentale Einsicht vermittelt werden, dass diese Systeme von Menschen gemacht und prinzipiell verstehbar sind. Auch wenn die meisten lediglich Anwender von IT-Systemen sind, ist es wichtig, exemplarisch die Perspektive der Entwickler einzunehmen, um einschätzen zu können, welche Gestaltungsmöglichkeiten bestehen und um IT-Systeme nicht als gegeben zu betrachten („Der Computer will das so!“).

Welche Inhalte des Informatik-Unterrichts sind besonders geeignet, die Entfaltung des kritischen Vernunftgebrauchs zu fördern? In diesem begrenzten Rahmen müssen einige skizzenhafte, unvollständige Andeutungen genügen²⁴:

²² Eine ausführliche Auseinandersetzung mit den Problemen und Chancen fächerübergreifenden Unterrichts am Beispiel einer Unterrichtseinheit zur KI findet sich in [Go98].

²³ „Kritischer Vernunftgebrauch ist nicht an bestimmte Inhalte gebunden, aber nur an bestimmten Inhalten und Situationen zu erproben. Er setzt die Fähigkeit zu unterscheidendem und folgerichtigem Denken, also einen entwickelten Verstand voraus. Des weiteren ist die Fähigkeit zum kritischen Denken keine Eigenschaft, die man ein für allemal erwerben kann.“ Auch die begrenzte Reichweite des Verstandes sollte beachtet werden, vgl. [He97b], S. 13.

²⁴ Diese Inhalte dienen in gleicher Weise der Weltorientierung (2.3), teilweise auch der Stiftung kultureller Kohärenz (2.2).

- Die Rationalisierungsproblematik sowie die Forderung nach informationeller Selbstbestimmung (Datenschutz) wurden schon sehr früh im Informatik-Unterricht thematisiert, allerdings mitunter auch als lästige Pflichtübung empfunden. Hier ist in besonderer Weise methodische Phantasie gefragt, damit diese m. E. nach wie vor wichtigen Bereiche für die Lernenden „interessant, fragwürdig, zugänglich, begreiflich, ‚anschaulich‘ werden“ (Vgl. z. B. [PSW92].).
- „Was kann ich, was kann der Computer?“ – zu dieser Frage sollten nach Donata Elschenbroich [El01] schon die Siebenjährigen eigene Vorstellungen entwickeln. Die Geschichte der Künstlichen Intelligenz (KI) mit ihren (wenigen) Erfolgen und (zahlreichen) Misserfolgen ist ein Unterrichtsgegenstand, an dem sich kritischer Vernunftgebrauch trefflich schulen lässt. Das „Jahrzehnt des Gehirns“ hat ganz erstaunliche Fortschritte für unseren Kenntnisstand gebracht (vgl. z. B. [Sp02]). Dabei hat sich gezeigt, dass Rechner mit der klassischen von-Neumann-Architektur wohl kaum in der Lage sein werden, ein menschliches Gehirn zu simulieren. Auch die Faszination von Science Fiction für die Jugendlichen wird im Informatik-Unterricht noch viel zu selten genutzt, um die dort beschriebenen und erdachten Möglichkeiten mit den realen zu konfrontieren.²⁵
- „Können Computer alles?“ Die negative Antwort auf diese Frage bringt David Harel in seinem Buch „Das Affenpuzzle und weitere bad news aus der Computerwelt“ [Ha02] auf unterhaltsame Weise nahe. Die prinzipiellen Grenzen der Berechenbarkeit im Informatik-Unterricht zu vermitteln ist eine nach wie vor ungelöste Aufgabe der Fachdidaktik. Auch hier würde sich ein weites Feld für den kritischen Vernunftgebrauch auf tun.
- Klaus Brunnstein hat auf der INFOS 2001 in Paderborn darauf hingewiesen, dass es die Schulinformatik bislang versäumt hat, „den Lehrern wie auch den Schülern ein angemessenes Verständnis der Risiken und Un-Beherrschbarkeit heutiger Computer- und Netzsysteme nahezubringen“ ([Br01], S. 9.). Wir werden lernen müssen, mit der Unsicherheit der IT-Systeme zu leben. Wenn man bedenkt, dass der Mensch dabei der größte Unsicherheitsfaktor ist, wird die Fähigkeit zum kritischen Vernunftgebrauch an dieser Stelle geradezu überlebenswichtig²⁶.

²⁵ vgl. [Go98]. Auf dem Hessischen Bildungsserver und dem HyFISch-Server der Uni Potsdam finden sich gute und praxiserprobte Unterrichtsmaterialien zum Thema „Können Computer denken?“:

<http://www.bildung.hessen.de/abereich/inform/ki/index.htm>

<http://www.hyfisch.de/HyFISCH/KI>

²⁶ vgl. [Sc01b]. Grundkenntnisse auf dem Gebiet der IT-Sicherheit gehören m. E. bereits in den Bereich der Lebensvorbereitung (2.1).

2.5 Entfaltung von Verantwortungsbereitschaft, Einübung in Verständigung und Kooperation, Stärkung des Schüler-Ichs

Kritisches Denken ist immer auch sozial vermittelt. Wir lernen im Austausch mit anderen, deren Rückmeldung hilft uns, unser eigenes Denkpotehtial zu entwickeln und auszuschöpfen ([He97b], S. 14). Kritischer Vernunftgebrauch als personales und intellektuelles Prinzip muss daher durch ethische und soziale Prinzipien ergänzt werden. Die entsprechenden Aufgaben allgemeinbildender Schulen sollen im Hinblick auf den Informatikunterricht im Zusammenhang dargestellt werden, da sie in unserem Fach – wie in der Mathematik – weniger durch bestimmte Inhalte sondern eher durch die „Unterrichtskultur“ vermittelt werden können.

- Verantwortliches Handeln der Einzelnen ist eine notwendige Voraussetzung für ein befriedigendes gesellschaftliches Miteinander. „Verantwortungsbereitschaft kann nicht ‚gelehrt‘ werden, schon gar nicht durch moralisches Appellieren. In geeigneten Sachzusammenhängen kann Verantwortung zwar als ethisches Prinzip thematisiert werden. Insgesamt jedoch kommt es vielmehr darauf an, die Schule als einen Lebens- und Erfahrungsraum zu gestalten, in dem Verantwortungsbereitschaft als unaufdringlich vorgelebte Haltung die Chance hat, von den Jüngeren ganz selbstverständlich angenommen zu werden.“ ([He97b], S. 14).
- Verständigung und Kooperation sind soziale Prinzipien, die in einem demokratischen Gemeinwesen genauso unerlässlich sind wie die Verantwortungsbereitschaft der Einzelnen. „Viele andere sozialetische Tugenden und Fähigkeiten – Toleranz, Kompromißfähigkeit, Interessenausgleich, Mitbestimmungsfähigkeit, Einsicht in fremde Standpunkte – hängen eng mit ihnen zusammen. Mit der Forderung, im Rahmen schulischer Allgemeinbildung in Verständigung und Kooperation einzuüben, werden zwei Formen sozialen Umgangs mit einem besonderen pädagogischen Akzent versehen [...]. Der Terminus ‚Einübung‘ verweist darauf, daß es neben dem Aufbau entsprechender Haltungen um die Eingewöhnung in praktische Verhaltensweisen geht. Auch diese lassen sich eher durch die Teilhabe an einer entsprechend kultivierten gemeinsamen Praxis als durch intellektuelle Belehrung erreichen.“ [He97b], S. 15.
- Die Entfaltung dieser sozialetischen Prinzipien (Verantwortungsbereitschaft, Verständigung und Kooperation) setzen eine „sich selbst als Subjekt begreifende, bewußt handelnde, Zivilcourage entwickelnde Persönlichkeit voraus. Die Schule muß Kindern und Jugendlichen Raum gewähren, ihre eigenen Bedürfnisse und Möglichkeiten zu entfalten, ihre spezifischen Stärken zu entdecken, zu fördern und zu pflegen, auf eigenen Beinen zu stehen und sich einen aufrechten Gang zu bewahren.“ ([He97b], S. 15f).

Für die Erfüllung dieser Aufgaben bieten sich im Informatik-Unterricht besonders viele Chancen, da dort der Projektunterricht eine zentrale Methode ist: Jeder Einzelne trägt Verantwortung für das Gesamtprojekt, für das Gelingen des Vorhabens muss er lernen, sich in ein Team einzuordnen und seine spezifischen Stärken zur Geltung bringen, bei der Wahl des Projektthemas kann er Einfluss auf die Gestaltung des Unterrichts nehmen. Für die Arbeit sind Phantasie und Kreativität gefragt, die Identifikation mit dem eigenen Produkt trägt wesentlich zur Motivation bei.

Mit diesen Äußerungen soll die Projektmethode nicht glorifiziert oder die Schwierigkeiten damit - die „Mühen der Ebene“ - geleugnet werden. In der pädagogischen Literatur finden sich aber bekanntlich zahlreiche Anregungen, diese Probleme in Angriff zu nehmen. Aber auch andere Methoden innerhalb des Informatikunterrichts bieten Möglichkeiten für eigenständiges, produktives Arbeiten. Und der Computer hilft geduldig, die praktischen Ergebnisse der eigenen Überlegungen zu überprüfen.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Was ein guter, allgemeinbildender Informatikunterricht ist, lässt sich aus den Aufgaben allgemeinbildender Schulen, die von Heymann formuliert wurden, nicht einfach deduzieren – fachliche Kompetenz und fachbezogene Phantasie sind nach wie vor unerlässlich für die Entwicklung guten Fachunterrichts²⁷. Die Aufgaben bieten aber eine „Messlatte“ für die Beurteilung der Qualität von Unterricht.

Die zentrale Botschaft ist dabei, den fachlichen Standpunkt durch eine spezifisch pädagogische Sicht zu ergänzen: Die Person des Schülers, seine lebensweltliche Perspektive in Gegenwart und Zukunft werden in den Blick genommen und nach der Bedeutung der Inhalte und Methoden des Informatikunterrichts für dieses Menschenkind gefragt.

Die Ausführungen haben m. E. gezeigt, dass durch eine stärkere Berücksichtigung von fachübergreifenden und fächerverbindenden Themen wie Künstliche Intelligenz / Künstliches Leben, Geschichte der Rechentechnik, IT-Sicherheit sowie Grenzen der Berechenbarkeit die Qualität des Informatikunterrichts im Hinblick auf die Allgemeinbildung weiter gestärkt werden könnte.

Aber auch so kann m. E. überzeugend dargelegt werden, dass es an der Zeit ist, einen Pflichtunterricht Informatik in der Sek I in Angriff zu nehmen und dass die „mindere Wählbarkeit“ der Informatik in der Sek II ein Anachronismus ist.

²⁷ vgl. hierzu [He94], S. 197. Die dort auf die Mathematik bezogenen Formulierungen Heymanns gelten sinngemäß auch für den Informatik-Unterricht: „Das Speziellere, hier also das Schulfach Mathematik, gewinnt im Lichte allgemeinerer bildungstheoretischer Ideen Sinn und Kontur, gewinnt ein pädagogisches Korrektiv gegen das Sichverlieren ins Spezialistische. Und umgekehrt gewinnen Ideen der allgemeinen Didaktik in der Beleuchtung des Spezielleren, in der Beziehung auf Probleme des Einzelfachs konkrete Bedeutung und Handlungsrelevanz.“

Literaturverzeichnis

- [Ba90] Baumann, R: Didaktik der Informatik. Klett, Stuttgart, 1990.
- [Ba96] Baumann, R: Didaktik der Informatik. Zweite, vollständig überarbeitete Auflage. Klett, Stuttgart, 1996.
- [Ba98] Baumann, R: Fundamentale Ideen der Informatik - gibt es das? In: Informatische Bildung in Deutschland, Festschrift für Prof. Dr. W. Arlt. LOG IN Verlag, Berlin, 1998.
- [BD01] Borneleit, P.; Dankwerts, R.; Henn, H.-W.; Weigand, H.-G.: Mathematikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: [Ten01], S. 26-53.
- [BH85] Bussmann, H.; Heymann, H. W.: Bildung mit dem Computer – LOGO kritisch hinterfragt. In: Zeitschrift für Sozialisationsforschung und Erziehungssoziologie, 5 (1985) 2, S. 239-254.
- [BH87] Bussmann, H.; Heymann, H. W.: Computer und Allgemeinbildung. In: Neue Sammlung I (1987), S. 2-39.
- [BM00] Bartke, P.; Maurer, C.: Thesen zum Informatikunterricht der Oberstufe. <http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-lfwb/didaktik/diverses/thesen.html>
- [Br01] Brunnstein, K.: Mit IT-Risiken umgehen lernen: Über Probleme der Beherrschbarkeit komplexer Informationssysteme. In: Keil-Slawik, R.; Magenheimer, J.: Informatikunterricht und Medienbildung. Tagungsband zur INFOS'01 in Paderborn. Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2001.
- [Bu88] Bussmann, H.: Computer contra Eigensinn. Was Kinder dem Computer voraus haben. Fischer, Frankfurt/M. 1988.
- [De99] Denning, P. J.: Computer Science: The Discipline. <http://cne.gmu.edu/pjd/PUBS/cs99.pdf>
- [Eb96] Eberle, F.: Didaktik der Informatik bzw. einer informations- und kommunikationstechnologischen Bildung auf der Sekundarstufe II. Sauerländer, Aarau, 1996.
- [El01] Elschenbroich, D.: Weltwissen der Siebenjährigen. Wie Kinder die Welt entdecken können. Kunstmann, München, 2001.
- [En95] Engbring, D.: Kultur- und technikgeschichtlich begründete Bildungswerte der Informatik. In: Schubert, S. (Hrsg.), Innovative Konzepte für die Ausbildung. Tagungsband zur INFOS'95 in Chemnitz. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1995, S. 68-77.
- [En96] Engbring, D.: Allgemeinbildende Informatik. Annäherung an ein Paradoxon. In: FIFF-Kommunikation 2/96, S. 18-24.
- [Go98] Golecki, R.: Können Computer denken? Fächerübergreifender Unterricht auf der gymnasialen Oberstufe am Beispiel einer Kurskombination Philosophie/Informatik. Kovač, Hamburg, 1998.
- [Ha02] Harel, D.: Das Affenpuzzle und weitere bad news aus der Computerwelt. Springer, Berlin Heidelberg New York, 2002.
- [He99] Hentig, H. v.: Bildung. Beltz, Weinheim und Basel, ²1999.
- [He94] Heymann, H. W.: Über Mathematikunterricht unter dem Anspruch von Allgemeinbildung. In: [MP94], S. 187-198.
- [He96] Heymann, H. W.: Allgemeinbildung und Mathematik. Beltz, Weinheim und Basel, 1996.
- [He97a] Heymann, H. W. (Hrsg.): Allgemeinbildung und Fachunterricht. Bergmann + Helbig, Hamburg, 1997.
- [He97b] Heymann, H. W.: Allgemeinbildung als Aufgabe der Schule und als Maßstab für Fachunterricht. In: [Hey97a], S. 7-17.
- [He00] Heymann, H. W.: Bildung trotz oder mit Internet? In: Pädagogik 9/00, S. 7-8.
- [HN02] Hartmann, W.; Nievergelt, J.: Informatik und Bildung zwischen Wandel und Beständigkeit. In: Informatik Spektrum 6/25 (2002), S. 465-476.
- [Hu00] Hubwieser, P.: Didaktik der Informatik. Grundlagen, Konzepte, Beispiele. Springer, Berlin Heidelberg New York, 2000.
- [JM94] Jank, W.; Meyer, H.: Didaktische Modelle. Cornelsen Scriptor, Berlin, ³1994.

- [K194] Klafki, W.: Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Beltz, Weinheim/Basel, 4¹⁹⁹⁴)
- [KMK00] KMK: Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 16.06.2000.
<http://www.kmk.org/doc/beschl/abi-01.pdf>
- [KMT02] Kiper, H.; Meyer, H.; Topsch, W.: Einführung in die Schulpädagogik. Cornelsen Scriptor, Berlin, 2002.
- [Le92] Lehmann, G.: Ziele im Informatikunterricht. In: LOG IN 12 (1992), H. 1., S. 26-30
- [Ma00] Maurer, C.: Lerninhalte und -ziele im Informatikunterricht der gymnasialen Oberstufe.
<http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-lfwb/didaktik/ziele/index.html>
- [Me02] Meyer, H.: Die Bildungstheoretische Didaktik. In: [KMT02], S. 64-75.
- [MP94] Meyer, M. A.; Plöger, W.: Allgemeine Didaktik, Fachdidaktik und Fachunterricht. Beltz, Weinheim/Basel, 1994.
- [PSW92] Penon, J.; Sack, L.; Witten, H.: Informationstechnik und Allgemeinbildung. In: LOG IN 12 (1992), H. 2., S. 22-28
- [Ra01] Randow, G. v.: Vom Spaß an der Technik. FAZ, 15.4.2002.
- [Sc01a] Schulte, C.: Vom Modellieren zum Gestalten – Objektorientierung als Impuls für einen neuen Informatikunterricht? In: *informatica didactica* 3 (2001),
<http://www.informatica-didactica.de>
- [Sc01b] Schneier, B.: *Secrets & Lies. IT-Sicherheit in einer vernetzten Welt.* dpunkt und Wiley, Heidelberg und Weinheim, 2001.
- [Sc93] Schwill, A.: Fundamentale Ideen der Informatik. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 25 (1993), H. 1. S. 20 - 31.
- [Sp02] Spitzer, M.: *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens.* Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin, 2002.
- [St02] Stephenson, N.: *Die Diktatur des schönen Scheins. Wie grafische Oberflächen die Computernutzer entmündigen.* Goldmann, München, 2002.
- [Te01] Tenorth, H.-E. (Hrsg., im Auftrag der KMK): *Kerncurriculum Oberstufe. Mathematik – Deutsch – Englisch.* Beltz, Weinheim/Basel 2001.
- [Wi00] Wilkens, U.: *Das allmähliche Verschwinden der informationstechnischen Grundbildung – Zum Verhältnis von Informatik und Allgemeinbildung.* Shaker Verlag, Aachen, 2000.