

Informatik – übergreifende, einzigartige Metawissenschaft? Überlegungen und fachdidaktischer Kontext

Ludger Humbert
Didaktik der Informatik
Universität Dortmund
D-44 221 Dortmund
humbert@ls12.cs.uni-dortmund.de

Zusammenfassung: Fachwissenschaftliche Entwicklungen und wissenschaftstheoretische Betrachtungen machen deutlich, dass die Diskussion der Grundlagen der informatischen Bildung weiterhin notwendig ist. Die Kopplung zwischen Fachdidaktik und Fachwissenschaft trägt dazu bei, den Paradigmenwechsel und die in den letzten Jahren diskutierte Umorientierung – Erweiterung der wissenschaftlichen Methodologie um „Informatik“ – konstruktiv im Kontext der Fachdidaktik zu diskutieren. Damit soll eine wissenschaftliche Fundierung im fachlichen und überfachlichen Zusammenhang zur Diskussion gestellt werden, die zukunftsweisende Impulse (auch) für die Fachdidaktik benennt.¹

1 Problemaufriss – Informatik, ein besonderer Stoff?

Hypothesen

Sowohl die Informatik, aber ebenso die Schulinformatik sind hinsichtlich eines wissenschaftstheoretischen Zugangs bisher nicht hinreichend untersucht worden.

Eine Neubewertung der gesellschaftlichen und der pädagogischen Bedeutung der Informatik ist notwendig, um Konsequenzen für eine informatische Bildung einschätzen zu können.

Das Faszinierende an der Informatik – ein Omnipotenztraum

Worin liegt (auch ein halbes Jahrhundert nach der Entwicklung der ersten Maschinen) die Faszination der Informatik? Es kann nicht die konkrete Maschine sein, denn jene, die sich

¹Für geschlechtsbezogene Bezeichnungen wähle ich das *generische Femininum*.
Männer mögen sich nicht ausgeschlossen fühlen, sie sind ausdrücklich auch gemeint.

vertiefend mit der Informatik beschäftigen, sehen die Grenzen der Informatiksysteme und beginnen, sich zunehmend von den real existierenden Maschinen wegzubewegen. Es gibt grundlegende Beschränkungen der Informatik bezogen auf die in „vertretbarer Zeit lösbaren Probleme“ – dennoch werden zunehmend die Grenzen dessen, was mit den Ergebnissen auf der Ebene der Integration in vormals „informatikfreie“ Anwendungsbereiche erzielt wird, hinausgeschoben.

Indem die Benutzerin die Möglichkeit erhält, eine Maschine dem eigenen Willen zu unterwerfen, wird möglicherweise ein Omnipotenzwunsch (aus)gelebt. Tatsächlich ist es in anderen Bereichen der durch Pläne von Menschen auslösbaren Effekte, denen eine Modellierung vorausgeht, kaum möglich, ein dynamisches Modell bis zu dem Punkt voranzutreiben, an dem das entwickelte Modell Teil der „Realität“ wird und in diese zurückwirkt. Dieser Aspekt führt häufig zu großen Missverständnissen über die „Absichten“ der Informatik(erinnen). Genannt seien hier Hans P. MORAVEC mit seiner „Vision“ von Automaten, die die Menschen überflüssig macht [Mo99], aber auch Klaus HAEFNER, der in einem Streitgespräch² ausführte: „Bildung ist nicht mehr interessant angesichts der Möglichkeit, geronnene Qualifikation als Hard- und Software zu kaufen“ [Ha90, S. 96].

Die Behandlung von Gegenständen durch die Informatik ist von besonderer Natur

SCHÖNING macht deutlich, dass sich die Informatik u. a. mit Gegenständen beschäftigt, die ebenfalls in anderen Wissenschaften thematisiert werden. Allerdings ist die Bearbeitung dieser Inhalte in der Informatik eine besondere, die sich von der Behandlung in den tradierten Wissenschaften unterscheidet: „Bei manchen Themen [...] mag sich mancher fragen, warum sie unter dem Oberbegriff »Informatik« verstanden werden. Vielmehr gehört doch zum Beispiel die Graphentheorie oder Logik zur Mathematik [...]. Was die [...] Konzepte jedoch »informatisch« macht, ist die algorithmische Behandlung derselben. [...] Diese Sichtweise finde ich [...] fundamental und bin davon überzeugt, dass Algorithmik und formale Konzepte der Informatik genauso zum allgemeinen Bildungsgut gehören (und dementsprechend an den Schulen gelehrt werden) sollten, wie beispielsweise das Prozent- oder Bruchrechnen im Rahmen der Mathematikausbildung“ [Sc02, S. VI f].

Informatik hat als Wissenschaft Methoden entwickelt, um Erkenntnismöglichkeiten zu befördern. Damit bereitet SCHÖNING die argumentative Basis, die von GRUSKA und VOLLMAR weitergeführt zu Überlegungen verdichtet werden, Informatik als neue wissenschaftliche Methode ausweisen, die deutlich über Informatik als selbstständige Wissenschaft hinausweist. Dies ist mit Problemen verbunden. Einerseits ringt die Fachwissenschaft nach wie vor darum, zentrale Begriffe zu definieren, andererseits macht sich diese Wissenschaft auf, sich als neue Methodologie in die wissenschaftstheoretische Diskussion einzubringen (vgl. [GV97]).

²zwischen Joseph WEIZENBAUM und Klaus HAEFNER

Trotz der Hoffnungen, die mit der Ausweisung des Begriffs Information als zentraler Kategorie der Informatik verbunden werden, fehlt bis heute eine von der Gemeinschaft der Informatikerinnen getragene Definition dieses Begriffs. Eine anerkannte, tragfähige Typologie konnte erst in Ansätzen vorgelegt werden. Die Frage nach der Wortbedeutung von Informatik führt etymologisch zu dem Begriff Information. Um diesen Begriff zu definieren, kann in einer ersten Näherung die SHANNONSche Informationstheorie herangezogen werden. Dieser Informationsbegriff hat sich für die Informatik nicht als durchgängig tragfähig erwiesen, da Information in dieser Theorie auf den Aspekt der Übertragung von Daten (oder Nachrichten) reduziert wird. Dies ist für die Informatik nur in Teilbereichen von Interesse. Weitere im Zusammenhang mit der Informatik bedeutsame Dimensionen des Begriffs Information gibt Christiane FLOYD an. Information ist

- „• personal, um Kognition allgemein und insbesondere die Interpretation von Daten durch Menschen zu kennzeichnen,
- organisationsbezogen, um die Rolle von Information bei Aktion und Entscheidungsfindung zu zeigen,
- medial, um Informationen als eigenständiges, speicherbares und weitergebbares Gut zu betrachten“ [F101, S. 43].

Im Kontext der Informatik können mit Information nicht nur technische Ziele, sondern auch Absichten (von Menschen) verbunden sein. Diese Absichten lassen sich nicht angemessen formalisieren. Bis heute ist es den Informatikerinnen nicht gelungen, den grundlegenden Begriff Information für ihre Wissenschaft zu definieren (vgl. [CS01, S. 303f]).

2 Methoden der Informatik

Pragmatischer Ansatz

Eine „pragmatische Charakterisierung der Informatik“ kann zusammenfassend beschrieben werden als „Herstellung und Einsatz von Informatiksystemen unter Berücksichtigung des Kontextes und ihrer Beziehung zur menschlichen geistigen Tätigkeit“ (vgl. [F197, S. 238f]). Unter Benutzung der Begriffe operationale und autooperationale Form wird die Frage nach dem informatischen Handeln in [F101, S. 49] wie folgt beantwortet: „Informatik betreiben bedeutet, operationale Form zu modellieren und als autooperationale Form verfügbar zu machen“. Bezogen auf diese Zielbestimmung kommt der Methode zur Formalisierung als Voraussetzung zur Herstellung und Automatisierung zur Umsetzung in Informatiksysteme eine Schlüsselrolle zu. Aktivitäten zur Umsetzung der o. a. Zielvorstellung werden als informatische Modellierung bezeichnet. Informatische Modelle zeichnet aus, dass sie eine Umsetzung erfahren, die das Modell wirksam werden läßt. Damit besteht eine enge Wechselwirkung zwischen der informatischen Modellierung und dem

modellierten Realitätsausschnitt. Die Modellierung wirkt durch das erstellte Informatiksystem in den modellierten Bereich zurück und verändert diesen. Christiane FLOYD und Ralf KLISCHEWSKI charakterisieren in [FK98] die informatische Modellierung durch die Metaphern „Fenster zur Wirklichkeit“ zur Wahrnehmung der (ggf. virtuellen) Realität und „Handgriff zur Wirklichkeit“ zur Entwicklung und Verwendung von Informatikmodellen. Die Vorgehensweise zur Modellierung kann (nach [FK98, S. 22]) durch drei miteinander verschränkte Schritte dargestellt werden:

- Informatisierung (Anwendungsmodell des Gegenstandsbereichs),
- Diskretisieren (Spezifikation durch ein formales Modell) und
- Systemisieren (Definieren durch eine Menge von berechenbaren Funktionen).

Um die mit der Methode der informatischen Modellierung verbundenen Probleme zu verdeutlichen, ist darauf hinzuweisen, dass ausgehend vom Problembereich eine Dekontextualisierung vorgenommen wird, die im Zuge des Einsatzes als Teil eines konkreten Informatiksystems eine Rekontextualisierung erfährt. Zur Charakterisierung dieses Spannungsverhältnisses werden die Begriffe autooperationale Form [F197], Hybridobjekte [Si01] und algorithmische Zeichen [Na01] vorgeschlagen. Diesen Begriffsbildungen ist gemeinsam, dass der Verantwortung der Informatikerinnen in dem Prozess der oben skizzierten Modellierung Rechnung getragen werden soll. Nur die Berücksichtigung der sozialen Bedingtheit in allen Phasen der Modellierung führt dazu, dass Informatiksysteme als Werkzeuge soziale Prozesse unterstützen. Diese Berücksichtigung ermöglicht eine partizipative Softwareentwicklung. Dies führt zu spiralförmigen und rückgekoppelten Prozessen, die eine evolutionäre Softwareentwicklung berücksichtigt und die methodisch nicht ohne Schwierigkeiten umgesetzt werden können.

Zunehmend wendet sich auch die Philosophie der in der Informatik diskutierten Modellierung zu. Dabei werden erste Hypothesen über „technisch erzeugte Welten“ formuliert. Helmut LINNEWEBER-LAMMERSKITTEN (zitiert nach [Mü96]): „Die Möglichkeiten einer technischen Welterzeugung für ein Subjekt schafft die Basis einer sinnlichen Erfassung derjenigen Aspekte der realen Welt, die zugunsten anderer Aspekte unrealisiert bleiben, i. e. sie erlaubt eine Erkenntnis von Möglichkeitsaspekten der realen Welt. Sie schafft gleichzeitig durch Modifikationen gemäß und innerhalb der unterschiedlichen Idealtypen eine Basis für die sinnliche Erfahrung des eigenen Selbst, wie es auch hätte sein können, i. e. sie erlaubt eine Erfahrung mit Bezug auf die Möglichkeitsaspekte des eigenen Selbst“.

Theorie-Praxisverschränkung

Die Rolle der Entwicklung theoretischer Ergebnisse im Kontext der Informatik als Wissenschaft wird zunehmend bezogen auf eine deutlichere Praxisorientierung diskutiert. Die anfängliche Euphorie bezüglich der Nutzung formaler Methoden zur Erstellung von Software wird inzwischen kritisch gesehen. Aus der Entwicklung soll durch eine stärkere Berücksichtigung der Beziehungen zwischen Theorieentwicklung und Praxiswirksamkeit,

der Relevanz und Anwendbarkeit theoretischer Ergebnisse und der Wichtigkeit von Experimenten eine Neuorientierung der theoretischen Informatik erreicht werden. Peter WEGNER fordert ein Überdenken des traditionellen Modells, in dem er die Grenzen der Church-Turing-These plakativ dargestellt (vgl. [We97]). Van LEEUWEN und WIEDERMANN fordern, dass „[...] the classical Turing machine paradigm should be revised (extended) in order to capture the forms of computation that one observes in the systems and networks in modern information technology“ [LW00, S. 622]. Als eine Lösung schlagen sie die Turing-Maschine „mit Beratung“³ vor.

„Die aus der Mathematik übernommene Theoretische Informatik ist ebensowenig wie die Theorien anderer Nachbardisziplinen geeignet, Hybridisierung als genuine Aufgabe der Informatik sichtbar zu machen. Eine evolutionäre Theorie kann eher bei der gemeinsamen Entwicklung der gegensätzliche Bereiche der Informatik helfen“ [Si01, S. 802].

Informatik als neue – dritte – wissenschaftliche Methode

Erheblich über die vorgenannten Ansätze hinaus gehen die Forderungen, die Methoden der Informatik als dritte Modalität grundsätzlicher methodischer Ansätze der Wissenschaften auszuweisen. VOLLMAR formuliert die zentralen Gedanken: „In den Natur- und Ingenieurwissenschaften bildet [das informatische Vorgehen ...] neben theoretischem und experimentellem Vorgehen die dritte Säule der wissenschaftlichen Arbeitsweise“ [Vo00, S. 8]. Ergebnisse aus den Bereichen Algorithmisierung, Formalisierung, Komplexitätsuntersuchungen, Untersuchung komplexer Systeme liefern für diese neue Methodologie der Informatik die Voraussetzungen (vgl. [Vo00, S. 6f]). „Wesentliche Fortschritte werden dabei erzielt durch Simulation und Visualisierung“ [Vo00, S. 7]. „Die Informatik erweitert die durch Theorie und Experiment gebotenen Möglichkeiten beträchtlich, insbesondere in den bisher nicht zugänglichen Bereichen komplexer Systeme [...]. Komplexe Vorgänge werden verstehbarer, es können Voraussagen über ihr (künftiges) Verhalten gemacht werden, die auch dazu benutzt werden können, entsprechende [...] Prozesse zu optimieren“ [Vo00, S. 8].

Im Einzelfall kann gezeigt werden, dass sich für die Unterstützung von Klärungsprozessen, die nicht primär in ein Informatiksystem gegossen werden sollen, eine Analyse mit Informatikmethoden als nützlich und hilfreich erweist. Beispielsweise konnten durch informatikbasierte Strukturierung mittels Petrinetzen Klärungsprozesse für den Gegenstandsbereich kommuniziert werden, die in dieser Klarheit von der dem Gegenstandsbereich zugrunde liegenden Wissenschaft⁴ vordem nicht geleistet worden sind (vgl. [Hi01]).

³im Original „Turing machine with advice“ – [LW00, S. 621]

⁴● Fallbeispiel aus der Soziologie [KMR01], [Va02]

● Fallbeispiel Sozialwissenschaften [Ca01, S. 36f]

Die methodische Bandbreite der Informatik

Pragmatisch angelegte Ansätze zu den Überlegungen, welche Methoden in der Informatik zum Einsatz gebracht werden, führen zu der Schlüsselbestimmung „Informatische Modellierung im Kontext“ und dabei insbesondere zu der Besonderheit von Informatiksystemen, die Modellierung eines Realitätsausschnitts in eben dieser Realität wirksam werden zu lassen. Von einer methodologischen Warte aus ist festzustellen, dass der theoriegeleiteten Softwareentwicklung keine durchgängige Anwendung bei der Erstellung von Informatiksystemen zufällt und daher diskutiert wird, den Aufgabenbereich der theoretischen Informatik weiter zu fassen.

Erheblich darüber hinaus reichen die Überlegungen, Informatik als dritte Säule der wissenschaftlichen Arbeitsweise auszuweisen. Den etablierten methodologischen Ausrichtungen Theoriebildung und Empirie wird Informatik zur Verbindung von Theorie und Praxis zur Seite gestellt. Damit soll der Rolle und der Anwendbarkeit der durch die Informatik zur Verfügung gestellten Hilfsmittel in modernen Gesellschaften Rechnung getragen werden. Dieser Ansatz stellt eine wissenschaftstheoretisch interessante Vision dar, die allerdings in der Informatik bisher kaum rezipiert wurde.

3 Ergebnisse im Kontext der Fachdidaktik Informatik

Vereinzelte finden sich in Forschungsarbeiten zur Didaktik der Informatik Belege für die in diesem Beitrag herausgestellte „Besonderheit der Informatik“.

So wird bei EBERLE darauf hingewiesen, dass im „Unterschied zu anderen Fächern [...] die Arbeit an Maschinen häufig einen wesentlichen Anteil des Unterrichts in Informatik“ ausmacht. „Dies bringt neue und ungewohnte Elemente in den Unterricht [...] und erfordert eine besondere Methodik“ [Eb96, S. 2]. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung [Be97] stützen die Aussage von EBERLE, indem deutlich gemacht wird, dass die von dem Schulfach Informatik ausgehende Innovation Lehrerinnen regelrecht ereilt, die in ihren anderen Fächern „herkömmlich“ unterrichten.

„Die Vermittlung grundlegender Konzepte der Informatik wäre eine abschreckend abstrakte Veranstaltung ohne die Arbeit am Rechner. Dies ist aus meiner Sicht zur Veranschaulichung der Lerninhalte und zur Motivierung der Lernenden absolut unerlässlich . . .“ [Hu00a, S. 48 – Habil. S. 14]. HUBWIESER arbeitet nicht detailliert heraus, welche methodischen Überlegungen für „die Arbeit am Rechner“ bedeutsam sind. Es wird ausgeführt, „[dass] die Programmierung als Implementierung von abstrakten Modellen dafür sorgen [kann], dass diese durch Simulation veranschaulicht und überprüft werden können, was vielen Schülerinnen und Schülern erst den eigentlichen Zugang zur Modellierung ermöglichen wird“ [Hu00a, S. 90 – Habil. S. 53].

Marco THOMAS widmet seine vorgelegte Dissertationsschrift ganz der „Informatische[n]

Modellbildung“ und führt aus: „Für die Informatik ist jedoch ein weitaus umfassenderes Modellieren von Modellen zu erwarten, da die Informationsverarbeitung (mit Modellen) und ihre Automatisierung wesentlicher Inhalt dieser Wissenschaft ist. Die Schwierigkeit der Einordnung der Informatik in den Wissenschaftskanon macht die Untersuchung des Modellverständnisses innerhalb dieser Fachwissenschaft besonders interessant“ [Th02, S. 25]. In der Bestimmung der „Konsequenzen für einen Informatikunterricht“ charakterisiert er informatische Modelle als kulturerschließend und -produzierend (vgl. [Th02, S. 68]). In der Zusammenfassung macht er deutlich: „Informatische Modelle stellen ein Bildungsgut zur Enkulturation des Modellierens von Modellen dar und lassen sich an interessanten und anspruchsvollen Themen konstruktiv und explorierend erschließen. Die Merkmale der Allgemeinbildungsbegriffe [...] können auf informatische Modelle und auf das informatische Modellieren von Modellen mit Erfolg angewandt werden, so dass eine Leitlinie »Informatische Modellbildung« als allgemeinbildend gelten darf“ [Th02, S. 76].

4 Fragen – Perspektiven

Die Linie, die in der Darstellung der „Methoden der Informatik“ deutlich wurde, setzt sich in den vorgestellten wissenschaftlichen Forschungsergebnissen zur Didaktik der Schulinformatik fort. Der Anspruch der Informatik auf einen „eigenen Platz (als Methodologie) in der Wissenschaftstheorie“ korrespondiert mit dem Anspruch der „Schulinformatik als verpflichtender Bestandteil einer Allgemeinen Bildung“. Dieser Beitrag soll dazu anregen, die Überlegungen im Umfeld der wissenschaftstheoretischen Diskussion aufzunehmen und konstruktiv für die Fachdidaktik heranzuziehen. Auf diesem Hintergrund erfahren die Ziele, die mit der Verankerung der Informatik in der allgemeinen Bildung verbunden werden, eine Ausweitung – vor allem bezogen auf die Argumente im Zusammenhang mit der Ausweisung der Informatik als „dritte Säule der wissenschaftlichen Arbeitsweise“. An dieser Stelle können detailliertere Perspektiven, die aus den vorgestellten Überlegungen entwickelt werden können, nicht dargestellt werden.

Literatur

Ich bedanke mich bei Peter HUBWIESER und Marco THOMAS für die freundliche Überlassung der Manuskripte ihrer Arbeiten ([Hu00b], [Th02]) in elektronischer Form.

- [Be97] Berger, P.: Das 'Computer-Weltbild' von Lehrern. In: (Hoppe, H. U.; Luther, W. Hrsg.): *Informatik und Lernen in der Informationsgesellschaft*, Informatik aktuell, Springer, Berlin, Heidelberg, 1997; S. 27–39.

- [Ca01] Cassens, J.: Zum Verhältnis der Informatik zu anderen Fachdisziplinen. In: Nake et al. [NRS01], S. 36–38.
- [CS01] Claus, V.; Schwill, A.: *Duden „Informatik“: ein Fachlexikon für Studium und Praxis*. Bibliographisches Institut, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, 3. Aufl., 2001.
- [Eb96] Eberle, F.: *Didaktik der Informatik bzw. einer informations- und kommunikationstechnologischen Bildung auf der Sekundarstufe II – Ziele und Inhalte, Bezug zu anderen Fächern sowie unterrichtspraktische Handlungsempfehlungen*. Nummer 24 in Pädagogik bei Sauerländer: Dokumentation und Materialien. Verlag Sauerländer, Aarau, 1. Aufl., 1996.
- [FK98] Floyd, C.; Klischewski, R.: Modellierung – ein Handgriff zur Wirklichkeit. Zur sozialen Konstruktion und Wirksamkeit von Informatik-Modellen. In: (K. Pohl, A. Schürr, und G. Vossen Hrsg.): *Modellierung 98 – Proceedings*, Nummer 6/98-I in Bericht, S. 21–26, Universität Münster, März 1998. Universität Münster, Institut für angewandte Mathematik und Informatik. <http://SunSITE.Informatik.RWTH-Aachen.DE/Publications/CEUR-WS/Vol-9/> – geprüft: 15. Juli 2002.
- [FI97] Floyd, C.: Autooperationale Form und situiertes Handeln. In: (C. Hubig (Hrsg.): *Cognitio Humana - XVII. Deutscher Kongreß für Philosophie (Sept. 1996)*, Akademie Verlag, 1997, S. 237–252.
- [FI01] Floyd, C.: *Informatik – Mensch – Gesellschaft 1. Prüfungsunterlagen*. Universität Hamburg – Fachbereich Informatik, Oktober 2001. zugl. Informatik – eine Standortbestimmung – Hamburg, September 1998 von C. Floyd und R. Klischewski.
- [GV97] Gruska, J., Vollmar, R.: Towards Adjusting Informatics Education to Information Era. In: (Freksa, C.; Jantzen, M.; Valk, R. Hrsg.): *Foundations of Computer Science: Potential – Theory – Cognition, to W. Brauer on the occasion of his sixtieth birthday*, Nummer 1337 in Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, 1997; S. 49–67.
- [Ha90] Haller, M. (Hrsg.): *Weizenbaum contra Haefner - Sind Computer die besseren Menschen?* Pendo, Zürich, 1990.
- [Hi01] Hinck, D. et.al.: *Organisation etablierter Machtzentren: Modellierungen und Reanalysen zu Norbert Elias*. Nummer FBI-HH-306/01 in Arbeitsberichte des Forschungsprogramms Agieren in sozialen Kontexten.

Fachbereich Informatik und Institut für Soziologie der Universität, Hamburg, September 2001. <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/forschung/projekte/sozionik/publ/elias.ps> – geprüft: 31. Juli 2002.

- [Hu00a] Hubwieser P.: *Didaktik der Informatik – Grundlagen, Konzepte, Beispiele*. Springer, Berlin, 1. Aufl., April 2000.
- [Hu00b] Hubwieser P.: *Informatik am Gymnasium – Ein Gesamtkonzept für einen zeitgemäßen Informatikunterricht*. Habilitationsschrift, Technische Universität Fakultät für Informatik, München, April 2000.
- [KMR01] Köhler, M.; Moldt, D.; Rölke, H.: Modelling a sociological case study. *Sozionik aktuell*, (3), 2001. <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/forschung/projekte/sozionik/journal/3/masho-4.ps.gz> – geprüft: 31. Juli 2002.
- [Mo99] Moravec, H.: Rise of the Robots. *Scientific American*, (12):124–135, December 1999. <http://www.frc.ri.cmu.edu/users/hpm/project.archive/robot.papers/1999/SciAm.scan.html> – geprüft: 20. August 2002.
- [Mü96] Münker, S.: Die Schwierigkeit mit der Schnelligkeit – Über den Deutschen Kongreß für Philosophie in Leipzig. *Telepolis*, Oktober 1996. <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/konf/2059/2.html> – geprüft: 20. Mai 2002.
- [Na01] Nake, F.: AG Semiotische Aufregung: Denn eben wo Begriffe fehlen In: (Nake, F.; Rolf, A.; Siefkes, D. Hrsg.): [NRS01], S. 10–14.
- [NRS01] Nake, F.; Rolf, A.; Siefkes, D. (Hrsg.): *Informatik: Aufregung zu einer Disziplin. Arbeitstagung mit ungewissem Ausgang*, <http://tal.cs.tu-berlin.de:80/siefkes/Heppenheim/Heppenheimerbericht.pdf> – geprüft: 13. Juli 2002, Berlin, Dezember 2001. Technische Universität.
- [Sc02] Schöning, U.: *Ideen der Informatik. Grundlegende Modelle und Konzepte*. Oldenbourg, München, Wien, 2002.
- [Si01] Siefkes, D.: Informatikobjekte entstehen durch Hybridisierung. Techniken der Softwareentwicklung und Entwicklung der Softwaretechnik. In: (Bauknecht, K.; Brauer, W.; Mück, T. Hrsg.), *Informatik 2001: Wirtschaft und Wissenschaft in der Network Economy? Visionen und Wirklichkeit – Tagungsband*,

S. 798–803, Berlin, September 2001. GI/OCG-Jahrestagung, 25.-28. September 2001, Universität Wien, Springer. <http://tal.cs.tu-berlin.de/siefkes/texte/2002/Eso.html> – geprüft: 14. Juli 2002.

- [Th02] Thomas, M.: *Informatische Modellbildung – Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht*. Dissertation, Universität Potsdam Didaktik der Informatik, Juli 2002. Manuskript.
- [Va02] Valk, R.: Informatik als Methodendisziplin – am Beispiel interdisziplinärer Arbeit mit der Soziologie, Februar 2002. Positionspapier zur Arbeitstagung Bad Hersfeld 2002 – Arbeitsgruppe: Informatik als Hybridwissenschaft. http://waste.informatik.hu-berlin.de:80/peter/theorien-der-informatik/2002/pp_valk_020206.pdf – geprüft: 14. Juli 2002.
- [LW00] van Leeuwen, J.; Wiedermann, J.: On the Power of Interactive Computing. In: (van Leeuwen, J.; et. al. Hrsg.): *IFIP TCS*, Nummer 1872 in *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2000; S. 619–623. <http://link.springer.de/link/service/series/0558/bibs/1872/18720619.htm> – geprüft: 17. Juli 2002.
- [Vo00] Vollmar, R.: Von Zielen und Grenzen der Informatik. Bericht, Universität Karlsruhe (TH), Mai 2000. leicht erweiterte Fassung des zur 10-Jahresfeier der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld eingeladenen und am 12.5.2000 gehaltenen Vortrages <http://www.ubka.uni-karlsruhe.de/vvv/ira/2000/14/14.pdf> – geprüft 3. August 2002.
- [We97] Wegner, P.: Why Interaction is More Powerful than Algorithms. *CACM*, 40(5):80–91, May 1997. <http://www.cs.brown.edu/people/pw> – geprüft: 31. Juli 2002.