

**Augsburger Universitätsreden 38**

# **Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) als fachübergreifende Aufgabe**

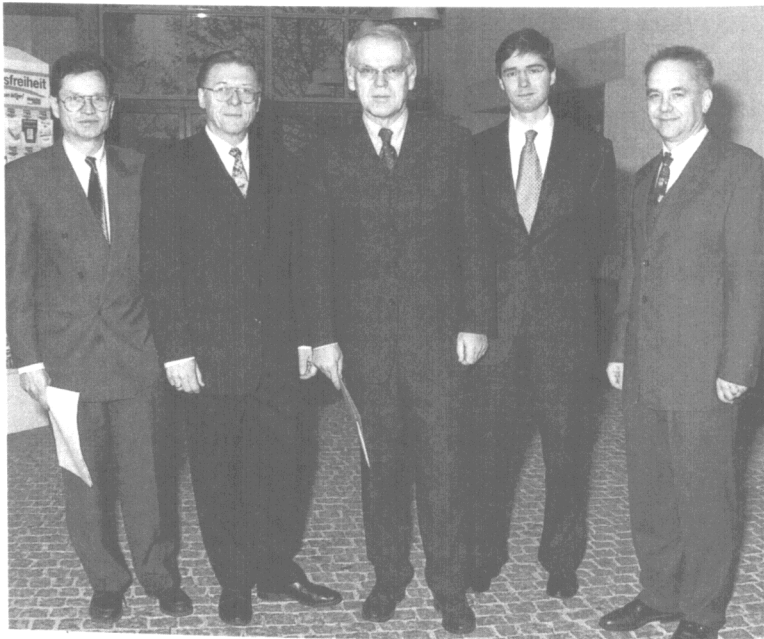
# Augsburger Universitätsreden 38

Herausgegeben vom Rektor der Universität Augsburg

ISSN 0939-7604

# Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) als fachübergreifende Aufgabe

Ansprachen und Vorträge  
anlässlich der Eröffnung  
des Instituts für Interdisziplinäre Informatik  
am 27. November 1998



Bei der Eröffnung des I<sup>3</sup> referierten am 27. November 1998 (v.l.n.r.) die Professoren Page (Universität Hamburg) und Brauer (TU München) sowie der Vorsitzende des Wissenschaftsrates, Professor Schulze, und Dr. Leclerc von der Dresdner Bank AG. Rechts im Bild der Geschäftsführende I<sup>3</sup>-Direktor Professor Mainzer.

Augsburg 1999

# Inhaltsverzeichnis

<b>IuK-Kompetenzzentrum Augsburg und High Tech Offensive Bayern</b>	<b>7</b>
Prof. Dr. Klaus Mainzer, Geschäftsführender Direktor des Instituts für Interdisziplinäre Informatik	
<b>Grußwort</b>	<b>12</b>
Rektor Prof. Dr. Reinhard Blum	
<b>„Fürchtet euch Nicht!“ Kulturwissenschaften und die Herausforderung der neuen Medien</b>	<b>14</b>
Prof. Dr. Winfried Schulze, Vorsitzender des Wissenschaftsrates, Institut für Geschichte der LMU München	
<b>Betrachtungen der Informatik</b>	<b>30</b>
Prof. Dr. Dr. h.c. Wilfried Brauer, Institut für Informatik der TU München	
<b>Methoden und Werkzeuge der Umweltinformatik der Stromnetze</b>	<b>44</b>
Prof. Dr. Ing. Bernd Page, Fachbereich Informatik der Universität Hamburg	
<b>Doppelhelix: Die Symbiose von Financial Engineering und Informationstechnologie</b>	<b>62</b>
Dr. Matthias Leclerc, Dresdner Bank AG, Leiter Middle Office	
<b>Anhang</b>	<b>71</b>
Die Mitglieder des Instituts für Interdisziplinäre Informatik der Universität Augsburg	

# IuK-Kompetenzzentrum Augsburg und High Tech Offensive Bayern

Prof. Dr. Klaus Mainzer

Herr Regierungspräsident, Magnifizenz,  
meine sehr verehrten Damen und Herren!

Wer im Internet den File [www.Informatik.Uni-Augsburg.De/I3/](http://www.Informatik.Uni-Augsburg.De/I3/) eingibt, findet seit dem Frühjahr folgende Website unseres neuen *Instituts für Interdisziplinäre Informatik* – 3mal I, aber I nicht bloß additiv, sondern potenziert, I<sup>3</sup>, um Synergieeffekte im Kranz aller Fächer der Universität anzudeuten, die fachübergreifend (*interdisziplinär*) Informations- und Kommunikationstechnologie anwenden. Seit einigen Wochen wirbt auch die neu gegründete *Bayerische Elite-Akademie* mit einem Potenz Logo  $\epsilon^A$ , d. h. (epsilon: griechisch E) hoch A, die Elite akademisch potenziert: *Fit for more?* Ohne Zweifel, die *High-Tech-Offensive Bayern* ist angelaufen ...

Vier Stoßrichtungen werden dabei unterschieden – neben IuK (Informations- und Kommunikationstechnologien) die *Materialwissenschaften* (,Neue Materialien'), *Umweltwissenschaften* und *Life Sciences* (,Biowissenschaften/Medizin'). IuK ist dabei insofern *zentral*, als die Informations- und Kommunikationstechnologien das *Querschnitts-Know-How* für die übrigen High-Tech-Projekte liefern – quasi eine *virtuelle Natur im Computer*:

- z.B. Numerisches Rechnen, Computermodelle, Internetnutzung bei der Entwicklung neuer Materialien in den Materialwissenschaften;
- z.B. Molecular Modeling, Artificial Life, Telemedizin, Internetnutzung in den Life Sciences;
- z.B. Umweltdatenbanken, Monitoring der Natur, Visualisierung und Internetnutzung in den Umweltwissenschaften.

Es geht aber nicht nur um Technik und Naturwissenschaften. Beim Aufbruch in eine *Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft* liefern Informations- und Kommunikationstechnologien das Querschnitts-

Know-How in allen Segmenten der Gesellschaft, quasi eine *virtuelle Gesellschaft* im Computernetz – eine Herausforderung für *Wirtschafts-, Sozial-, Rechts- und Kulturwissenschaften*:

- z.B. Financial Engineering, Electronic Commerce, Wissensmanagement in Wirtschafts- und Sozialwissenschaften;
- z.B. Medienrecht, Datenschutz im Internet, Teledemokratie als Themen der Rechtswissenschaften;
- z.B. virtuelle Bibliothek, Multimedia-Datenbanken, Teleteaching in den Kulturwissenschaften.

Die folgenden *Vorträge* tragen diesen IuK-Anwendungen mit Blick auf *Schwerpunkte der Universität Augsburg* Rechnung.

Dazu begrüße ich zunächst den *Vorsitzenden des Wissenschaftsrates*, Herrn Kollegen *Schulze*, der über ‚*Kulturwissenschaften und die Herausforderung der neuen Medien*‘ sprechen wird. Der Wissenschaftsrat fordert in seinen Empfehlungen vom Mai dieses Jahres eine ‚*Integration der Informations- und Kommunikationstechnologien in Studium und Lehre aller Universitätsdisziplinen*‘. Zudem ist Herr Schulze als Historiker an der LMU München selbst in der kulturwissenschaftlichen IuK-Anwendung engagiert.

Einen spannenden IuK-Anwendungsbereich der *Wirtschaft* beleuchtet Herr Kollege *Leclerc*: ‚*Doppelhelix: Die Symbiose von Financial Engineering und Informationstechnologie*‘. Herr Leclerc ist Bankdirektor, Leiter Middle Office der Dresdner Bank und Lehrbeauftragter (Ergänzung: seit 27.1.99 Honorarprofessor) im Diplomstudiengang Wirtschaftsmathematik unserer Universität.

Den Bezug zu den *Umweltwissenschaften* mit Blick auf das Augsburger *Umweltkompetenzzentrum* stellt Herr Kollege *Page* her: ‚*Methoden und Werkzeuge der Umweltinformatik der Stoffstromnetze*‘. Herr Page ist ein international bekannter Experte der Umweltinformatik an der Universität Hamburg.

IuK-Anwendungen machen aber nur Sinn auf der Grundlage einer *kompetenten Fachinformatik*. Daher freue ich mich auf den Vortrag von Herrn Kollegen *Brauer*: ‚*Betrachtungen der Informatik*‘. Herr

*Brauer*, Informatikprofessor an der TU München ist nicht nur ein bedeutender Informatiker mit philosophischen Interessen (aus dieser Perspektive und gelegentlichen Kooperationen kenne ich ihn seit den 70er Jahren), sondern gleichzeitig einer der strategischen Köpfe seines Fachs, der nationalen und internationalen Organisationen der Informatik vorstand. In dieser Funktion unterstützt Herr Brauer uns mit anderen TU-Kollegen derzeit nachhaltig beim *Aufbau eines Informatikstudiengangs an der Universität Augsburg*.

Dieser Studiengang ist Teil des *Regionalisierungsprogramms* der High-Tech-Offensive, das unter Leitung des *Herrn Regierungspräsidenten von Schwaben* steht, den ich bei dieser Gelegenheit noch einmal herzlich begrüße. Das *IuK-Kompetenzzentrum Augsburg* ist in der Regierungserklärung des *bayerischen Ministerpräsidenten* ausdrücklich genannt. Von der *bayerischen Staatskanzlei* begrüße ich Herrn *Dr. Schwab*.

Der *Amtschef der Bayerischen Staatskanzlei*, Herr Dr. Hanisch, schickt uns ein Grußwort zur Eröffnung unseres Instituts. Daraus möchte ich nun zitieren. Nur soviel vorweg, es paßt zum 1. Advent, und wenigstens bei meinen Kollegen und mir hat es *vorweihnachtliche Gefühle ausgelöst*.

Herr Dr. Hanisch schreibt: ‚... Wie Sie wissen, mißt Ministerpräsident Dr. Stoiber dem Ausbau des Studiengangs ‚*Angewandte Informatik*‘ große Bedeutung bei. Wir werden den derzeit stattfindenden Strukturwandel in Richtung auf eine Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft nur dann erfolgreich gestalten können, wenn wir Informations- und Kommunikationstechnologien in Studium und Lehre aller Universitätsdisziplinen mitintegrieren. Die Informatik strahlt als Querschnittswissenschaft in alle Disziplinen aus. In der Region Augsburg bestehen besondere Potentiale für eine Integration in den Bereichen der Betriebswirtschaftslehre, der Kommunikations- und Medientechnik sowie der Umwelttechnik und dem Umweltmanagement.

Das neu gegründete Institut für Interdisziplinäre Informatik an der Universität Augsburg ist hier ein wichtiger Schritt, um diese Integration weiter voranzubringen. Ich wünsche Ihnen bei dem weiteren Auf- und Ausbau viel Erfolg und kann Ihnen versichern, daß die

Bayerische Staatsregierung dieses Projekt auch weiterhin mit dem gebotenen Nachdruck unterstützen wird.“

Wichtige Schützenhilfe erhielten wir im Vorfeld von der *Industrie- und Handelskammer* für Augsburg und Schwaben. Ich begrüße Herrn *Dr. Münker*, den Hauptgeschäftsführer der IHK, ferner den Geschäftsführer der Handwerkskammer, *Herrn Wagner*.

Die *Hausaufgaben* sind verteilt: In der nächsten Woche werden wir zusammen mit der Regierung von Schwaben und in Abstimmung mit der bayerischen Staatskanzlei ein *IuK-Konzept für die Region* aufstellen. Beteiligt sind neben der Universität die Fachhochschulen, regionale Industrie und Verbände.

Bei der Gelegenheit begrüße ich die Kollegen der *Fachhochschulen im Regierungsbezirk Schwaben*. Besonders freuen wir uns über die rege Teilnahme von Vertretern der *örtlichen Industrie*, der Schulen und weiterbildenden Schulen. Multimedia-Anwendungen sind ein Schlüsselthema für den *Schul-, Hochschul- und Weiterbildungsstandort Bayerisch-Schwaben*. Die *Industrie* schreit geradezu nach *kompetent ausgebildeten IuK-Entwicklern und IuK-Anwendern auf allen Ausbildungsstufen*. Schließlich gilt der Dank *unseren Sponsoren*: IBM, SAP, Siemens, der IHK und der Gesellschaft der Freunde der Universität. Die anwesenden Freundinnen und Freunde der Universität seien wie immer herzlich willkommen.

Der Springer-Verlag, als dessen Vertreter Herr Engesser aus Heidelberg gekommen ist, wird im Anschluß an diese Eröffnung einen Büchertisch zu Augsburger Produktionen im Informatikbereich präsentieren (Mathematikgebäude, Raum 1005). Last but not least gilt der Gruß den *Kolleginnen und Kollegen* des I<sup>3</sup>, der *Universität* und den *Studierenden*.

Meine Damen und Herren! *Silicon-Valley am Lech vernetzt mit dem High-Tech-Zentrum Garching-München, Medienstadt Augsburg, Virtuelle Universität Schwaben* - bloß Visionen? Wer keine Visionen mehr hat, wird wirklich alt oder ist bereits am Ende. Schaffen wir daher *Aufbruchstimmung*, vermitteln wir *Lust auf diese faszinierende Technik*, greifen wir die *Initiativen der Studierenden* auf, bieten wir

ihnen *neue und nachhaltige Berufsperspektiven* und schaffen wir *gemeinsam das IuK-Kompetenzzentrum Augsburg und Schwaben*. Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit.

#### Literaturhinweis:

- Mainzer, K.: *Computernetze und virtuelle Realität. Leben in der Wissensgesellschaft*, Springer: Berlin/Heidelberg/New York 1999
- Mainzer, K.: *Gehirn, Computer, Komplexität*, Springer: Berlin/Heidelberg/New York 1997
- Mainzer, K.: *Computer – Neue Flügel des Geistes? Die Evolution computergestützter Technik, Wissenschaft, Kultur und Philosophie*, 2. Aufl. De Gruyter: Berlin/New York 1995

## Grußwort

Rektor Prof. Dr. Reinhard Blum

Die Informatik ist gleichsam ein nachgeborenes Kind in der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Augsburg. Mit ihrer Einrichtung haben wir von Anfang an den Wunsch verbunden, daß dieses Kind groß und kräftig werden möge. Leider wurde der Universität ein eigener Diplomstudiengang Informatik bislang verwehrt. Eine gewisse Schadenfreude über die nicht aufhörenden Klagen, daß die moderne Multimedia- bzw. Informationsgesellschaft einen überbürdenden Bedarf an Informatikern habe, möge man uns vor diesem Hintergrund nicht übel nehmen.

Ungeachtet der Hindernisse sind die Informatiker unserer Universität nicht tatenlos geblieben. Sie haben sich innerhalb der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät bereits 1996 in einem Institut für Informatik organisiert. Von Beginn an zeigten sie sich aufgeschlossen gegenüber der Idee der Universitätsleitung, einen Hauptstudiengang auf dem Weg über die 'Interdisziplinäre Informatik' anzustreben und sich insbesondere der Integration der Informatik in die einzelnen Fachdisziplinen zu widmen.

Konsequenz dieser Absicht und Mittel zu ihrer Umsetzung ist die Einrichtung eines fakultätsübergreifenden 'Instituts für Interdisziplinäre Informatik' (I.I.I.). Die Idee einer solchen Institutsgründung stieß innerhalb der Universität auf enormes Interesse. Dementsprechend sind im I.I.I. Mitglieder aller Fakultäten vertreten.

Der erste Geschäftsführende Direktor, Herr Kollege Mainzer – selbst Inhaber eines 'interdisziplinären' Lehrstuhls –, hat zur Eröffnung des Instituts für Interdisziplinäre Informatik am 27. November 1998 ein wissenschaftliches Symposium veranstaltet. Ich danke den Gastrednern, die mit den in diesem Band der 'Augsburger Universitätsreden' publizierten Beiträgen die Eröffnungsfeier gestaltet haben. Die persönliche Begegnung und die unmittelbare Kommunikation zwischen Menschen wird meiner Überzeugung nach durch die 'virtuelle Univer-

sität' ebensowenig ersetzt werden wie durch die 'künstliche Intelligenz'. Bestätigt darin sehe ich mich durch den Umstand, daß die Propheten der „virtuellen Universität“ ihre kostbare Zeit offenbar nicht primär vor dem Bildschirm im Internet verbringen, nein, sie berichten vielmehr mit berechtigtem Stolz, wie sie persönlich und vor Ort überall auf der Welt ihre Botschaft verkünden.



# „Fürchtet euch Nicht!“ Kulturwissenschaften und die Herausforderung der neuen Medien<sup>1</sup>

Prof. Dr. Winfried Schulze

In einem seiner letzten großen Bücher, in der ‚Wissenschaft der Gesellschaft‘, hat der eben verstorbene Soziologe Niklas Luhmann den Medienbruch am Beginn der Frühen Neuzeit kurz charakterisiert und auf die Folgen des Buchdrucks für die Entwicklung der modernen Wissenschaften verwiesen. Er sah es so: Solange sich der Buchdruck nicht voll auswirkte, ließen sich Wissensvermittlung, -erwerb und -verwendung nicht trennen. Erst die frühmoderne Wissenschaft auf der Basis des Buchdrucks sah sich in der Lage, sowohl die vorher noch denkbare magische Okkultistik als auch die Scholastizismen verschiedenster Richtung zu verdrängen. Jetzt konnte common sense durchdringen, Gedächtnis verlor an Bedeutung, Mnemosyne – so sagt er – wurde aus der Genealogie der Musen gestrichen. Zunehmend wurde für eine Veröffentlichung in Druckform geforscht. Was nicht gedruckt wurde, hatte keine Chance die Entwicklung des Fachs zu beeinflussen. Die erreichbare Komplexität und die Veraltensgeschwindigkeit wurden durch die Druckpresse geregelt, jedenfalls bis heute. Und er schließt, wörtlich: „Ob der Computer in dieser Hinsicht einen entscheidenden Wandel darstellt, bleibt abzuwarten“.<sup>2</sup>

Wer an dieser Stelle also eine verlässliche Antwort aus der Perspektive der Systemanalyse von Gesellschaften erwartet, muß sich enttäuscht fühlen. Auf der anderen Seite stellt Luhmann jedoch fest – und dies gibt Hoffnung für unsere Frage: „Wenn die Gesellschaft nichts anderes ist, als das umfassende System anschlussfähiger Kommunikation, dann ist zu erwarten, daß Veränderungen in den Kommunikationsmitteln die Gesellschaft wie ein Schlag treffen und transformieren.“

Solcherart vom Großmeister der umfassenden Gesellschaftsanalyse alleine, wenn auch nicht ohne Hoffnung gelassen,<sup>3</sup> müssen wir uns auf

den Weg machen. Die doppelsinnige Auskunft des großen Systemtheoretikers mißt dabei die Spannweite des Themas aus, das ich mir für die heutige Gelegenheit vorgenommen habe.

## 1.

Meinem Thema will ich mich in einer ihm angemessenen Form nähern, nämlich durch mehrfachen Perspektivenwechsel. Ich hoffe auf Ihr Verständnis, wenn ich zunächst aus der naheliegenden Perspektive des Wissenschaftsrats auf das umfangreiche Multimedia-Papier verweise, das wir im vorigen Jahr verabschiedet haben.<sup>4</sup> Es geht von der Einsicht aus, daß Multimedia Text, Graphik, dynamische Bilder und Ton verbindet und ihre digitale Speicherung, Übermittlung auf der Grundlage umfassender Vernetzung ermöglicht, die Datenbanken und interaktive Programme einschließt. Multimedia wird als eine Möglichkeit und Herausforderung der Hochschulen verstanden.

Von der traditionellen Wissensvermittlung in Studium und Lehre unterscheidet sich der Einsatz von Multimedia

- durch weiterentwickelte Formen und Arten des Lehrangebots und deren räumlich wie zeitlich entkoppelter Verfügbarkeit einschließlich einer Verknüpfung mit der Forschung,
- durch neue Formen und institutionelle Entwicklungsstrategien zur Strukturierung und Organisation des Studiums,
- durch eine stärkere Betonung des betreuten und angeleiteten Selbststudiums und eine Entlastung der Präsenzlehre von Routineaufgaben bei der Wissensvermittlung.

Das bedeutet, daß durch das Zusammenführen von Text, Bild und Ton zu Multimedia neue didaktische Konzepte für problemorientiertes und interdisziplinäres Lernen realisiert werden können. Dabei stehen die Vermittlung von Wissen, die Veranschaulichung von wissenschaftlichen Ergebnissen, Befunden und Zusammenhängen sowie von Untersuchungs- und Analysemethoden im Vordergrund. Damit kann Vorlesungen und Seminaren bei verstärktem Einsatz von Multimedia eine veränderte Funktion zukommen.

Multimedia kann das Selbststudium fördern und dessen Anteil an Lehre und Studium erhöhen. Dabei können durch die Zeit- und Ortsungebundenheit zusätzliche Gestaltungs- und Nutzungsmöglichkeiten gegenüber Präsenzveranstaltungen wahrgenommen werden. Sie verbessern die flexible Gestaltung von Lehre und Lernen. Dies gilt auch für die Betreuung der Studierenden als wesentlichem Verbindungselement von Lehren und Lernen.

Mit all diesen Möglichkeiten scheint Multimedia ein Instrumentarium anzubieten, das auf vielfache Weise zu einer Qualitätsverbesserung von Lehre und Studium führen kann. Diese Qualitätsverbesserung des Lernprozesses könnte zudem mit einem flexiblerem Studierverhalten einhergehen, bei dem sich das Lernen eher mit einer Vielfalt individueller Lebensmuster verbinden läßt. Das so organisierte Studium könnte eine wichtige Brücke hin zu lebenslangen Lernen bilden.

Was können multimediale Studienangebote bewirken? Sie können Lernerfahrung in der ‚realen‘ Praxis (z.B. Laborarbeit, Untersuchung am Patienten etc.) durch eine ‚virtuelle‘ Praxis vertiefen; sie können solche Praxis effizient vorbereiten und Trainingsmöglichkeiten in simulierten Umgebungen unterstützen. In der Medizin gibt es dafür schon eindrucksvolle Beispiele.

Die Forschung bedient sich in weiten Bereichen bereits umfassend digitaler Werkzeuge. Computerbasierte digitale Methoden im Bereich des Messens, der Konstruktion, der komplexen Modellierung und Simulation sind integrale Bestandteile jener Forschungsprozesse geworden, mit denen die Wissenschaft in neue Erkenntnisdimensionen weit jenseits unmittelbarer Erfahrung vorgedrungen ist, ja die Computersimulation hat in wichtigen Bereichen schon die Rolle des praktischen Experiments übernommen. Durch eine Verknüpfung der multimedialen Werkzeuge von Forschung und Lehre entstehen auch neue Möglichkeiten der unmittelbaren Integration von Forschungsansätzen und Forschungsergebnissen in die Lehre. Die Einheit von Forschung und Lehre könnte damit intensiviert werden.

Mit der Einführung und Verankerung von Multimedia in den Hochschulen wird es grundsätzlich möglich, herkömmliche Studienangebote durch multimedial unterstützte Lehr- und Studienformen zu

ersetzen. Dies ist vorrangig für die routinemäßige Vermittlung von Grundlagenwissen zu erwarten. Durch eine multimediale Aufbereitung dieser Teile der Hochschullehre in interaktiven Programmen wird einerseits das Selbststudium gestärkt, andererseits schafft diese Entlastung von der Grundlagenvermittlung in Präsenzform für die Hochschule neue Freiräume. Die Entlastung von Routinelehre eröffnet auch Möglichkeiten für eine Verbesserung der Betreuung der Studierenden und trägt auch auf diese Weise zur Qualitätsverbesserung von Lehre und Studium bei.

Für die Hochschulen ist die Einführung von Multimedia mit einer tendenziellen Aufhebung der bisherigen institutionellen und formalen Grenzen zwischen Präsenz- und Fernstudien verbunden, während bisher das Charakteristikum der Universität die gemeinsame räumliche Präsenz von Lehrenden und Lernenden war. Daraus ergeben sich neue Optionen für die Entwicklung und Profilbildung jeder einzelnen Hochschuleinrichtung. In Verbindung mit einer Modularisierung der Studiengänge wird es verstärkt möglich, multimediale Studienmodule sowohl im grundständigen Studium als auch in der wissenschaftlichen Weiterbildung einzusetzen, so daß sich die bisherigen Abgrenzungen zwischen beiden Bereichen verwischen. Deshalb wird sich jede Hochschule künftig mit der Frage des Einsatzes von Multimedia in der Lehre und zwar unter qualitativen, institutionellen, organisatorischen und finanziellen Gesichtspunkten auseinandersetzen müssen.

Die bislang knapp geschilderte Analyse und Prognose des Wissenschaftsrats, die das Thema übrigens bis hin zu den Kosten ausleuchtet, könnte man nun getrost in die Zukunft verlängern und sich zufrieden vor dem Bildschirm zurücklehnen. Der Siegeszug der Neuen Medien im privaten Bereich, von der Wirtschaft ganz zu schweigen, wird es schon richten, so könnte man sich beruhigen und dem Lauf der Dinge aus der Perspektive des amüsiert-distanzierten Betrachters zuschauen.

Mir schiene dies jedoch für unser Problemfeld eine grundfalsche Verhaltensweise, und hier liegt auch der Grund dafür, daß mich die Sache, die mit der Institutseröffnung berührt wird, unmittelbar angesprochen hat. Dabei will ich mich vor allem auf die Frage konzentrieren, welche Bedeutung der sich vollziehende Medienwandel für unsere Wissen-

schaften hat, die ‚Kulturwissenschaften‘ zu nennen, wir uns neuerdings angewöhnt haben.

Dabei will ich in folgenden Schritten vorgehen. Zunächst will ich kurz das neue Konzept der Kulturwissenschaften daraufhin befragen, ob es Ansatzpunkte für eine Annäherung an die Neuen Medien bietet.

In einem zweiten Schritt will ich versuchen, der aktuellen Diskussion um die digitale Ordnung des Wissens eine historische Dimension zu verleihen, indem ich auf Konzepte einer Verräumlichung des Wissens im 16. Jahrhundert eingehe. Diese will ich konfrontieren mit der neuen Umbruchsituation in den Medien und dann fragen, welcher Qualität von Veränderung wir uns gegenübersehen, und was uns diese Veränderung abverlangt. Daß ich auf diesem gedanklichen Weg viele Aspekte auslassen muß, ist mir schmerzlich bewußt: Die Frage des wissenschaftlichen Publizierens, die Risiken des virtuellen Denkraumes, die Konstruktion virtueller Bibliotheken, die Neudefinition wissenschaftlicher Reputation, all diese Themen scheinen mir vor der zentralen Frage zurückzutreten, die ich am Ende behandeln will.

## 2.

Es scheint beinahe einen Gleichklang zwischen dem Aufkommen des ‚neuen‘ Begriffs der Kulturwissenschaften und dem Vordringen der neuen Medien zu geben. Es liegt deshalb nahe zu fragen, wie sich beide Entwicklungen zueinander verhalten. Wie kommen wir mit dem Konzept der Kulturwissenschaften zurecht? Es gehört zur Spezifika jener Megabegriffe wie Natur, Kultur, Zivilisation, daß sie erstaunlichen Bedeutungswandlungen unterworfen sind: Nichts zeigt dies deutlicher als der Unterschied zwischen dem Kulturbegriff des Neukantianers Heinrich Rickert, der – 1896 zum erstenmal den Begriff der Kulturwissenschaften verwendend – darunter die „Gesamtheit der realen Objekte, an denen allgemein anerkannte Werte oder durch sie konstituierte Sinngebilde haften, und die mit Rücksicht auf diese Werte gepflegt werden“ verstand.<sup>5</sup>

Stellen wir diesem wertorientierten Kulturverständnis den heute immer wieder verwendeten Kulturbegriff des Konstanzer Philosophen Jürgen Mittelstraß entgegen, der in der Kultur seinerseits den „Inbe-

griff aller menschlichen Arbeit und Lebensformen, naturwissenschaftliche und andere Entwicklungen eingeschlossen“ sieht, dann wird die enorme Differenz zwischen beiden Deutungen erkennbar. Dies um so eher, als diese sehr allgemeine Formulierung von Mittelstraß ein extrem breites Spektrum von Realisierungsmöglichkeiten und Subdefinitionen eröffnet, möglicherweise auch zu weit gefaßt ist. Die letzte große Bestandsaufnahme der Geisteswissenschaften, die im Konstanzer Projekt von Frühwald, Jauß, Koselleck u.a. erarbeitet und 1991 publiziert wurde, zog dann auch die Konsequenz aus der neuen Diskussionslage: „Es sprechen gute Gründe dafür, bei der fälligen Neuorientierung der Geisteswissenschaften von ihrer modernen Bestimmung als Kulturwissenschaft auszugehen“.<sup>6</sup>

Daß sich die ‚Kulturwissenschaften‘ mit Kultur befassen, scheint eine Trivialität zu sein, doch kommt es hier auf den Bedeutungsgehalt des Kulturbegriffs an. Versuchen wir mit Mittelstraß „die kulturelle Form der Welt“ zu beschreiben, zu analysieren, zu deuten und zu erklären,<sup>7</sup> dann etablieren wir einen enorm weiten Begriff von Kultur, der sicher die traditionell unterschiedenen Felder von Hochkultur und Volkskultur erheblich überschreitet. Kürzlich hat der Germanist Uwe Steiner diese Tendenz aufgenommen und darauf bestanden, nur dann die Gesamtheit „zivilisatorischer Entitäten und Prozesse“ Kultur zu nennen, sofern jene „reflexiv vergegenwärtigt“ werden.<sup>8</sup> Hieraus ergäbe sich eine erhebliche – übrigens schon von Georg Simmel angemahnte – Verlagerung des Kulturbegriffs aus einer eher gegenständlichen in eine eher funktional-prozeßhafte Definition.

Betrachten wir dazu noch die Definition von Siegfried J. Schmidt, dann sehen wir, welche neuen Anschlußflächen sich hier ergeben, zumal, wenn sich die Definition der neuen digitalen Umgebung bedient: „Das Programm für die sozial verbindliche semantische Interpretation, die emotionale Besetzung und die normative Bewertung des Wirklichkeitsmodells einer Gesellschaft nenne ich Kultur. Das Programm Kultur dient der symbolischen Reproduktion der Gesellschaft sowie der symbolischen Kontrolle der Gesellschaftsmitglieder. Das Programm Kultur braucht kontinuierlich Anwender.“<sup>9</sup>

Dieser erweiterte Kulturbegriff schafft schließlich auch Schnittstellen zu dem, was wir heute diskutieren: Denn was wir Kultur nennen, stellt

ein riesiges, kollektives Gedächtnis dar, das von Generation zu Generation weitergereicht wird. Die Technik, die Architektur, die Denkmäler aller Art und – wichtig – die Sprache müssen als Teile dieser Traditionsbildung begriffen werden; einerseits ist das Ganze in ständigem Umbau, und andererseits stellt es eine relativ stabile Struktur dar, in die der einzelne hineingeboren wird. Aus dieser Perspektive scheint es wenig überzeugend, einzelne Gedächtnisse mit einzelnen Maschinen vergleichen zu wollen. Beide vielmehr erscheinen als Verbindungsknoten in dem weit größeren Prozeß der über Sprache laufenden Traditionsbildung. Wie die Sprache die Individuen immer schon überschreitet und dem einzelnen von außen gegenübertritt, so tun dies eben auch die anderen Kulturtechniken und symbolischen Systeme. Insofern bietet es sich an, die Rechner nicht vom Gedächtnis, sondern von der Sprache her zu deuten.

Hier scheint mir eine neue Verbindung zu den Möglichkeiten der Neuen Medien zu liegen. Die dem Konzept der Kulturwissenschaften inhärente *Entgrenzung von Disziplinen wird je länger je mehr die alten, noch disziplinär strukturierten Wissensspeichersysteme und -verfahren entwerten*, denen wir heute noch vertrauen. Hier treffen sich die Konzepte der Kulturwissenschaften und die Neuen Medien. Werfen wir einen kurzen Blick auf die Dinge, die sich hier verändert haben.

Als sich Mitte der 70er Jahre der Einsatz von Computern außerhalb der Banken, Versicherungen und industriellen Prozeßsteuerungen durchzusetzen begann und auch auf die damals noch so genannten Geisteswissenschaften übergriff, ging es zunächst darum, Projekte mit aufwendigen Datensammlungen möglich zu machen. Ich erinnere mich gut an die Phase, in der von Historikern z.B. Steuerbücher von Städten und Kirchenbücher von einzelnen Kirchengemeinden in die Computer eingelesen wurden. Die Eingabe erfolgte erst noch über Lochkarten, die Auswertung bedurfte in vielen Fällen umfangreicher Programmierkenntnisse, die oft die Möglichkeiten der Fachwissenschaftler überstiegen. Dies blieb jedoch eine Spielart der Computeranwendung, die kaum über einen kleinen Kreis von Spezialisten hinauskam. Quantumgeschult und in Sommerkursen zur neuen Schwurgemeinschaft der sogenannten user geformt, kehrten die Adepten der Kunst in die Institute zurück, ohne freilich vor Ort die ganz große Begeisterung

auslösen zu können. Die wenigsten Probleme des Fachs schienen Lochkartenfähig zu sein.

Ein Durchbruch deutete sich erst zu dem Zeitpunkt an, als mit dem Personal Computer eine Maschine auf den Markt kam, die in der Lage war, die Haupttätigkeit des Wissenschaftlers wesentlich zu erleichtern, das Schreiben und das Sammeln von Literatur und Sachinformationen in leicht bedienbaren Schreib- und Datenbankprogrammen. Damit war ein Zugang zum Alltag der wissenschaftlichen Arbeit gefunden, dem man sich schwer entziehen konnte. Ich erinnere mich selbst daran, wie ich Ende des Jahres 1984 in München gegenüber der Bayerischen Staatsbibliothek ein Computergeschäft betrat und dort staunend einen IBM-PC der ersten 86er Generation erblickte, der über 2 Diskettenlaufwerke und eine 20 MB Platte verfügte – und 11.800 DM kostete. Mein damaliger Entschluß zum Kauf eines solchen Geräts, das ich dank familiärer Verbindungen zum halben Preis erwerben konnte, und damit zur Einarbeitung in Betriebssystem, Technik und Programme verdankte sich weniger meiner unbedingten Begeisterung für die neue Technik als der vagen Ahnung, daß irgendwann meine Studenten alle über Computerkenntnisse verfügen würden, ich aber als Hochschullehrer diesen Kenntnissen dann nicht gewachsen sein würde. Selten habe ich einen Entschluß gefaßt, der weitreichendere Konsequenzen für mein Leben gehabt hat. Die Einzelheiten brauche ich Ihnen gewiß nicht zu berichten. Sie alle werden ähnliche Erfahrungen gemacht haben.

### 3.

Nur 15 Jahre nach dieser Erfahrung läßt es der sich vollziehende Medienumbruch angeraten erscheinen, einen vergleichenden Blick auf andere Phasen der Geschichte der Wissenschaft zu werfen, die durch rapide Wissensvermehrung und den Durchbruch neuer Medien charakterisiert werden können. Werfen wir also einen Blick auf die Art und Weise, wie Kulturwissenschaftler in der Vergangenheit das Wissen ihrer Zeit geordnet haben.<sup>10</sup> Ich will Ihnen ein keineswegs unbekanntes Exempel aus der Geschichte der klassischen Mnemotechnik präsentieren, das vor allem durch die Arbeiten von Dame Frances A. Yates bekannt gemacht und seither oft zitiert wurde.<sup>11</sup> In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts plante und baute der Venezianer Giulio

Camillo Delminio (1480-1544) eine hölzerne Konstruktion, die eine Art Theater repräsentierte. Er behauptete von ihr, sie eröffne den Besuchern den Zugang zum Schatz der Beredsamkeit und der Dichtkunst. Sie sei auch geeignet, dem menschlichen Verstand alle Künste und Wissenschaften einzuprägen: *„Diese hohe und unvergleichliche Anordnung erfüllt nicht nur die Aufgabe, für uns die Dinge, Wörter und Künste zu bewahren, die wir ihr übergeben, so daß, wann immer wir sie brauchen, wir sie auf einmal finden können, sondern sie gibt uns auch die wahre Weisheit, aus deren Quellen wir zur Erkenntnis der Dinge und ihrer Ursachen, nicht nur ihrer Wirkungen gelangen.“*<sup>12</sup> Der äußeren Form nach war die Konstruktion einem Rund-Theater nachempfunden. Wer den Innenraum betrat, sah sich einer Wandfläche gegenüber, die in Geschosse und Segmente gegliedert war. Die horizontale Einteilung des Raums entsprach den sieben Planetensphären, die vertikale sieben Stadien der Entwicklung, von den ersten Prinzipien hin zu den Elementen, zur natürlichen Welt, zum Menschen, zu den Künsten und schließlich zu den Wissenschaften. Auf diese Weise repräsentierte jedes Feld einen bestimmten Aspekt des Kosmos.

Die Bilder sollten vor allem den Überblick erleichtern. Hinter den Bildern befanden sich nämlich Fächer mit den Texten der großen Schriftsteller und Philosophen, so daß der Benutzer dort die Belegstellen, Begriffe und rhetorischen Mittel finden konnte, die es ihm erlaubten, mit den unterschiedlichen Gegenständen umzugehen. Das Ganze war damit einerseits ein Zugriffssystem, eine Registratur, oder, wie Frances A. Yates sagt, eine „sehr ornamentale Aktenablage“, ich werde sagen der Versuch eines relationalen Datenbanksystems.

Aber der Bau war auch der Entwurf einer metaphysischen Weltordnung. Diese auf Gott hin zentrierte Weltordnung bringt uns unweigerlich zu der Frage, welche ‚Ordnung der Dinge‘ an ihre Stelle getreten ist, und welche semantischen Konstrukte zu anderen Zeiten – oder heute – die Kohärenz der Weltbilder garantieren. Und noch ein zweites Problem wirft Camillos Theater auf. Es beansprucht nämlich, zwischen dem Innen des Kopfes und dem Außen der materiellen Welt eine definierte Beziehung herzustellen, die auch von Zeitgenossen gesehen wurde: Camillo, so schrieb Vigilius von Aytta, „hat für dieses sein Theater viele Namen, mal nennt er es einen gebauten oder gestalteten Geist oder Seele, mal sagt er, es sei mit

Fenstern versehen. Er gibt vor, daß alles, was der menschliche Geist erfassen kann und was wir mit dem körperlichen Auge nicht sehen können, nachdem es durch sorgfältige Meditation gesammelt sei, durch gewisse körperhafte Zeichen in einer solchen Weise zum Ausdruck gebracht werden könne, daß der Betrachter mit seinen Augen so gleich alles begreifen kann, was sonst in den Tiefen des menschlichen Geistes verborgen ist. Und wegen dieser körperlichen Anschauung nennt er es ein Theater.“<sup>13</sup>

Camillos Bau wird damit für die Medientheorie besonders interessant. Die Konstruktion beansprucht, der Struktur des Gedächtnisses ähnlich zu sein und zu veranschaulichen, was „sonst in den Tiefen des menschlichen Geistes verborgen ist“, nämlich die Wechselwirkung zwischen der wahrgenommener Welt und dem erkennenden Verstand.

Die so skizzierte Perspektive läßt sich auf nahezu alle Gedächtnismodelle der klassischen Rhetoriktradition applizieren, auch schon auf die antike Mnemotechnik. Sie empfahl bekanntlich dem Redner, der seinen Text für den mündlichen Vortrag memorierte, für jedes Argument oder jeden Teil der Rede ein interessantes und deshalb leicht erinnerbares Bild zu finden; diese Bilder sollten in den Räumen eines Gebäudes lokalisiert werden, das dem Redner gut bekannt war. Sie stellte also den Versuch einer Verräumlichung des Wissens dar, und wir könnten aus dem Gesagten den vorsichtigen Schluß ziehen, daß die Ordnung des Wissens durch topoi und Bilder eine lange Tradition bildet, an die zu erinnern mir wichtig erscheint. Die relative Vielfalt des Wissens auch schon vor seiner digitalen Explosion stellte die Menschen angesichts der bedauerlicherweise begrenzten Speicherreserven des menschlichen Gehirns vor Ordnungsprobleme. Es erstaunt deshalb nicht, wenn diese Explosion des Wissens als neuerlicher elementarer Bruch begriffen wird.

#### 4.

Ohne Zweifel befinden wir uns am Ende dieses Jahrhunderts in einer medialen Umbruchsituation, deren Merkmale wir folgendermaßen bestimmen können: Das erste und zentrale Kennzeichen des Umbruchs ist die allgemeine und durchgehende Digitalisierung der Telekommunikations- und Mediensysteme. Mit der Digitalisierung wird nicht

einfach ein analoges Medium durch ein anderes, ein digitales, ausgetauscht, sondern es kommt darüber hinaus zu einem grundlegenden Paradigmenwechsel. Entscheidend scheint zum einen die Eigenschaft von Computersystemen zu sein, daß Daten und Programme den gleichen digitalen Code benutzen. Auf diese Weise gelingt es, einem Computer Daten zuzuführen, die Programmanweisungen enthalten, die auch die Funktionsweise des Computers verändern können. Digitale Informationsnetze oder Kommunikationssysteme sind damit Computersysteme, die sich über diesen Mechanismus während der Nutzung dynamisch verändern können. Die Digitalisierung der Telekommunikationsnetze ändert also nicht einfach nur die verfügbaren Transportwege für die Informationen im Sinne ihrer Beschleunigung und Verbreiterung, sondern die wirkliche Neuheit besteht darin, daß Systeme verfügbar sind, die sich selbst verändern können. Zum anderen sichert die Digitalisierung die Verknüpfung der Informations- und Kommunikationssysteme in einem ungeahnten Ausmaß.

Betrachtet man die unterschiedlichen Ebenen des Umbruchs genauer, dann läßt sich in der sachlichen Dimension eine Auswechslung des technologischen Paradigmas im eben beschriebenen Sinne feststellen. Für die Gesellschaften, die sich dieser Kommunikationstechniken bedienen, stellt sich die Frage, ob es noch institutionelle Möglichkeiten der Steuerung geben wird, zumal sich die Prozesse in einer Schnelligkeit vollziehen, die jenseits der tradierten Möglichkeiten gesellschaftlicher Wahrnehmung und Verarbeitung liegen.

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen führt der Umbruch zu einer ausdifferenzierten, zerklüfteten ‚Informationslandschaft‘, die durch das digitale Paradigma zwar verbunden, aber in ihren Teilbereichen vertikal wie horizontal immer stärker entkoppelt und entflochten ist. Damit stellt sich die Frage nach der kulturellen Dimension: Hier geht es um die Interpretierbarkeit dieser zerklüfteten Landschaft, um im Bilde zu bleiben.

Reichen unsere bisherigen begrifflichen Instrumente, unsere Erzählstrategien, unsere Ordnungsbegriffe aus, um die ‚Landschaft‘ noch beschreiben und deuten zu können?

## 5.

Die bisherigen Kommentatoren der Situation stimmen keineswegs in ihrer Analyse dessen überein, was auf uns zukommt: Auf der einen Seite die Avantgarde derer, die am Ende der ‚Gutenberg-Galaxis‘ die klassischen Strukturen von Gelehrsamkeit verschwinden sehen: Norbert Bolz prognostiziert das ‚Ende der Gutenberg Galaxis‘ und versichert, daß Hypermedien keinen Autor brauchen, ja data-processing „das Genie schlicht überflüssig macht.“<sup>14</sup> Vilem Flusser hat die Schrift in dramatischem Ton verabschiedet, das Fernsehen biete ja Bilder, was soll da noch die Welt der Buchstaben.<sup>15</sup> Diese Richtung deutet schon die alteuropäische Schriftkultur als ihr Vorbild, die Glossatoren des römischen Rechts werden flugs zu Hypertextspezialisten avant la lettre erklärt.

Auf der anderen Seite stehen die vorsichtigeren Beobachter, die sich den Verlockungen von Hypertext und weltweitem Netz nicht hingeben, die sich der angesagten ‚Austreibung des Geistes aus den Geisteswissenschaften‘ nicht vollends verschreiben wollen. Dazwischen die entschlossenen Pragmatiker wie Wolfgang Frühwald, der die jetzt beobachtbare Medienwende, die ‚Galaxie der Bildschirmmedien‘, mit der Gutenbergschen Erfindung der Druckkunst vergleicht.<sup>16</sup> Dieser Vergleich reicht anderen Beobachtern freilich nicht aus, wenn sie dieser neuerlichen medialen Revolution eine höhere Qualität beimessen.

Folgt man der damit angedachten – wie auch sonst immer hilfreichen – Historisierung der Problemlage, so hätte dies den wohltätigen Effekt, daß man nicht gezwungen wäre, die abendländische Kultur samt Schrift und Autor preiszugeben, wohl aber alle Veranlassung sähe, den Stellenwert der uns vertrauten Formen der Informationssammlung und Textproduktion zu überdenken und sich auf Neues einzustellen.

Aus der Perspektive des Historikers wäre dabei zu bedenken, daß die uns vertraute Form der Geschichtsschreibung in ihrer klassischen Form in einer Phase der Wissenschaftsentwicklung entstand, die durch als überschaubar vorstellbare Wissensmengen, quasireligiös gedachte Entitäten und postrevolutionäres Ordnungsdenken geprägt war. Ihr von Ranke geprägtes Leitbild des ‚zeigen, wie es eigentlich gewesen

ist' ließ sich in seiner säkularisierten Form zudem den Objektivitätsvorstellungen der Naturwissenschaften anpassen, so daß die im Rankeschen Sinne objektiv rekonstruierende Geschichtsschreibung den Schub des Verwissenschaftlichung im 19. Jahrhundert durchaus mitgehen konnte. Erst die auf Max Weber und Georg Simmel zurückgehende Fundamentalkritik an dieser historicistischen Grundkonzeption schuf die Einfallstore für eine neue Relativierung kulturwissenschaftlicher Arbeit, die zudem bald in Kongruenz zur neuen theoretischen Fundierung der Naturwissenschaften verlaufen sollte. Geist und Natur sahen sich der gleichen relativistischen Herausforderung ausgesetzt.<sup>17</sup>

Mir scheint – und darum greife ich darauf zurück – die heutige Situation theoretisch nicht wesentlich entfernt von diesem Grundaxiom des kulturwissenschaftlichen Denkens, das in den ersten beiden Jahrzehnten dieses Jahrhunderts entwickelt wurde: Die erkenntnistheoretischen Grundlagen wurden so gelegt, daß die Wirklichkeit nicht als solche gesehen wird, sondern in der Betrachtung der Wissenschaft erst entsteht.

Was uns heute bedrängt, ist eine gigantische Multiplizierung der Informationseinheiten, die uns zur Verfügung stehen und der Integration und Ordnung bedürfen. Insofern ergibt sich die drängende Frage, ob in der Unübersichtlichkeit der Informationsüberfülle noch ‚Wissenschaft‘ im obigen Sinne formuliert werden kann. Der ‚Kosmos gedachter Zusammenhänge‘, von dem Max Weber als Aufgabe der Wissenschaft sprach, wird als Zielvorstellung wichtiger als je zuvor, zumal diese in weiser Vorahnung als indefiniter Prozeß gesehen wurde. Ich bin deshalb nicht davon überzeugt, daß die berühmte ‚Öffnung aller Datenbanken‘ á la Jean-François Lyotard, die neue Wissensdimensionierung im Giga- oder Terabytebereich, die Onlineverfügbarkeit dieses Wissens eine Hierarchisierung des Wissens überflüssig macht. Ganz im Gegenteil: Wenn Wissensbestände gesellschaftlich, wirtschaftlich oder technisch verfügbar gemacht werden sollen, dann bedarf es der anwendungsorientierten Filterung, Ordnung und Bewertung dieses Wissens.

Sie muß gewiß in neuen Formen erfolgen, und sie muß nicht in allen Fällen der Struktur des geschlossenen, meist linearen Buchwissens folgen. Das ‚Wissenstheater‘ hat dies schon mit seinen Mitteln vorge-dacht, darum habe ich diese Geschichte kurz erzählt.

Das bedeutet letztlich, daß das neuzeitliche Muster von endloser Pluralisierung des Wissens und immer wieder neuer Autoritätsgewinnung durch gezielte Selektion von Wissensbeständen, auch vor der gigantischen Wissensmenge bestehen wird, die auf uns zurollt.<sup>18</sup> Damit ist sowohl die Verfügbarkeit alten Wissens gemeint wie die sich beschleunigende Produktion neuen Wissens. Denn Wissen – dies scheint nur eine letztlich tröstliche Einsicht zu sein – ist für uns kaum in all seiner potentiellen Totalität von Bedeutung, sondern immer in seiner elementaren Kapazität, zielgerichtet über offene Zukunften zu entscheiden. Dies gilt für Wissenschaft, Wirtschaft und Politik gleichermaßen. Diese dem Wissen letztlich innewohnende Zielgerichtetheit wird letztlich auch über die Frage der Darstellungsformen kulturwissenschaftlicher Arbeit entscheiden, über die ich mich nicht Sorge. Die Voraussage fällt mir leicht, daß sich die Formen der Präsentation noch stärker differenzieren und adressatenorientiert verändern werden. Sie werden von der schlichten Datenbank über die mit Hypertext strukturierte Aufbereitung der Daten bis zu den klassischen oder gebrochenen Formen der Erzählung reichen. Dabei ist zu bedenken, daß sich die Geschichtswissenschaft ohnehin seit Jahren der Form der ‚moderierenden‘ Geschichtsschreibung bedient, also eines der modernen Literatur abgeschauten Verfahrens der auf mehreren Ebenen verschlungen verlaufenden Erzählungen und Diskurse, die der Historiker gleichsam nur noch moderiert. Ein Einstieg in neue Formen des Erzählens scheint also schon gefunden.

Lassen wir aus dem überschaubaren und einprägsamen ‚Theater des Wissens‘ ein mehrdimensionales Netzwerk, ja ein ‚Universum des Wissens‘ werden, das vielleicht keine Schubladen und Ablagen mehr kennt, das uns gleichwohl aber noch in nachvollziehbarer Dimensionierung und Konfigurierung zur Verfügung steht. Für dieses Universum sprachlichen Wissens ist vielleicht in Anlehnung an Ted Nelson und Hartmut Winkler der Begriff des von Dokumenten erfüllten Universums, des ‚Docuverse‘ angemessen.<sup>19</sup> Ein solcher Gedanke – so scheint mir – kann uns mit den zu erwartenden Wissenspotentialen versöhnen.

In diesem Sinne: ‚Fürchtet Euch nicht!‘

## Literaturhinweis:

- 1) Der Text der Rede wurde überarbeitet und mit den wichtigsten Literaturbelegen versehen.
- 2) Niklas Luhmann: Die Wissenschaft der Gesellschaft, Frankfurt am Main, S. 602 ff., das folgende Zitat S. 607.
- 3) Vgl. dazu jetzt auch Niels Werber: Verarbeiten, Speichern, Kopeln. Zu Niklas Luhmanns verstreuten Bemerkungen über die Medien der Gesellschaft, in Teleopolis 31.08.97.
- 4) Vgl. den Text der Empfehlung unter HYPERLINK <http://www.wrat.de>, 1997.
- 5) Heinrich Rickert, Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft, Freiburg 1898.
- 6) Frühwald, Wolfgang u.a.: Geisteswissenschaften heute. Eine Denkschrift, Frankfurt am Main 1991, S. 71.
- 7) ebd., S. 10.
- 8) Steiner, Uwe C.: „Können Kulturwissenschaften eine neue moralische Funktion beanspruchen?“ In: DtVJS für Literaturwissenschaft und Geistesgeschichte 72, 1998, hier S. 10.
- 9) Schmidt, Siegfried J.: Medien: Die Kopplung von Kommunikation und Kognition, in: Krämer, S. (Hg.): Medien Computer Realität, Frankfurt am Main 1998, S. 64.
- 10) Den Hinweis zur Nutzung des mir aus anderem Kontext bekannten Theaters für die Computerwelt verdanke ich Peter Matussek: Computer als Gedächtnistheater. Vortrag, gehalten am 26.4.1997 auf dem Symposium 'Metamorphosen - zur Veränderung der Gedächtnismedien im Computerzeitalter' im Sprengel-Museum, Hannover. (<http://www.culture.hu-berlin.de/PM/Pub/Vor/Computer.html>).
- 11) Yattes, Frances A.: Gedächtnis und Erinnern. Mnemotechnik von Aristoteles bis Shakespeare, Berlin 1990, bes. S. 123 ff.
- 12) Ich korrigiere hier an zwei Stellen die Übersetzung der zit. deutsch. Ausgabe von Yates, S. 133 und beziehe mich dabei auf die Neuausgabe des italienischen Textes von Camillo in: ders.: L'idea del teatro. A cura di Ugo Marchetti, 1985, S. 19.
- 13) ebd., S. 124. Zu Vigilius von Aytta, einem niederländischen Juristen, der seinen Bericht über das Theater an Erasmus schrieb, vgl. Sprenger, R.M.: Vigilius van Aytta und seine Notizen über Beratungen am Reichskammergericht 1535-1537, Nijmegen 1988.
- 14) Siehe zu dieser These: Norbert Bolz: Am Ende der Gutenberg-Galaxis. Die neuen Kommunikationsverhältnisse, 2. Aufl. München 1995, S. 183 ff. mit weiteren Literaturhinweisen.
- 15) Flusser, Vilém: Die Schrift. Hat Schreiben Zukunft? Göttingen, 1987.
- 16) Frühwald, Wolfgang: Zeit der Wissenschaft. Forschungskultur an der Schwelle zum 21. Jahrhundert, Köln 1997, S. 128 ff.
- 17) Oexle, Otto-Gerhard: Naturwissenschaft und Geschichtswissenschaft, Kulturwissenschaft: Einheit – Gegensatz – und Komplementarität?, Göttingen 1998, S. 99-151.
- 18) Vgl. Eva Jelden: Datenbombe Internet – oder: Wer teilt die Datenfluten? In: Teleopolis 23.01.97.
- 19) Winkler, Hartmut: Docuverse. Zur Medientheorie der Computer, München 1997. Bei Nelson heißt es: „Universal or grand hypertext ... means ... an accessible great universe of linked documents and graphics. This is an idea many people now share - the idea that we can get to everything, add to everything, keep track of everything, tie everything together, that we can have it all.“



# Betrachtungen der Informatik

Prof. Dr. Dr. h.c. Wilfried Brauer

Zur Gründung dieses außergewöhnlichen Instituts gratuliere ich ihnen sehr. In der Tat ist es wichtig, die interdisziplinären Kompetenzen der Informatik stärker herauszustellen und zu nutzen. Es ist gut, daß die Informatik mehr als bisher deutlich macht, daß sie Kooperationspartner für jede Wissenschaft ist – ähnlich wie früher einmal die Philosophie, aber in viel direkterer und praktischerer Weise. Mit meinem Vortrag möchte ich diese Bemühungen unterstützen. Der Titel meines Vortrags ist zweideutig:

- Die Informatik wird betrachtet (d.h. die Informatik ist passiv) und
- vom Standpunkt der Informatik aus wird betrachtet (d.h. die Informatik ist aktiv).

Mein Hauptaugenmerk wird der Betrachtung der Informatik von außen gelten – wir blicken also auf sie – oder, richtiger, ich beabsichtige Ihnen meine Sicht, mein Verständnis der Informatik vorzustellen (das soll aber keine Definition der Informatik werden). Im Laufe meines Vortrags werden Sie bemerken, daß dies nicht ohne den aktiven Blick der Informatik auf andere Disziplinen möglich ist. Wie aber kann man das Verständnis, das man von einer Wissenschaft hat, veranschaulichen? Ändert nicht eine Wissenschaft ihr Aussehen, je nachdem mit welchem Vorwissen, aus welcher Richtung und in welcher Absicht man sich ihr nähert? Wie haben andere es gemacht, Vorstellungen und Erfahrungen darzustellen, die in ihrer Ganzheit nicht zu erfassen sind?

Bei der Diskussion über diese Fragen kamen meiner Frau die Buddha-Statuen in Erinnerung, die wir vor Jahren in Indien gesehen hatten: Oft haben diese Statuen einen Kopf mit drei Gesichtern, eines blickt nach vorn – es ist das zentrale –, die beiden anderen jeweils zu einer Seite. Besonders interessant sind Darstellungen, bei denen die drei Gesichter verschieden sind, z.B. jung, mittleren Alters, alt oder böse, ruhig, freundlich. Daß die Statue nicht nur ein Gesicht hat, sondern drei, drückt Macht und Überlegenheit aus; Wirkmächtigkeit, wie man

früher sagte. Die Verschiedenartigkeit der drei Gesichter veranschaulicht zusätzlich die Vielgestaltigkeit, die Komplexität. Diese Dreigesichtigkeit findet sich übrigens nicht nur im Buddhismus, sondern – uns etwas näher liegend – auch bei den Kelten. Und schließlich – mit schon engem Bezug zu unserer Problematik – bei Tizians Darstellung der Weisheit.

Ich möchte Ihnen nun also die Informatik als dreigesichtig präsentieren. Zunächst wende ich mich dem zentralen Gesicht zu, dem traditionellen Bild der Informatik. Zur Erinnerung zitiere ich aus dem Studien- und Forschungsführer Informatik von 1989, meine – damals auch mit der GI abgestimmte – Kurzcharakteristik der Informatik, die die traditionelle Auffassung wiedergibt:

„Informatik ist die Wissenschaft, Technik und Anwendung der maschinellen Verarbeitung und Übermittlung von Informationen“.

Ergänzend, meine ich, muß man hinzufügen:

„Ziel der Informatik ist die Entwicklung von Assistenzsystemen, die Menschen bei allen Arten von (geistigen) Tätigkeiten unterstützen“.

Ich will nun – auf sehr abstraktem Niveau – andeuten, worauf eigentlich dieses zentrale Gesicht der Informatik der maschinellen Informationsverarbeitung beruht. Information meint in diesem Zusammenhang einfach Fakten, die in Form von Symbolfolgen (Zahlen, Texten) dargestellt sind. Die Grundvorstellung, von der die Ansätze der traditionellen Informatik ausgehen, ist die eines engen Zusammenhangs von Denken und Symbolverarbeitung.

Vereinfacht gesagt: Denken kann sprachlich formuliert werden, und Sprache wird mittels Symbolen aufgeschrieben. Komplexe Gedankengebilde entstehen durch systematische Zusammensetzung aus einfachen Gedanken nach dem Fregeschen Kompositionsprinzip, also läßt sich alles Wissen in Symbolfolgen aufschreiben, d.h. formal repräsentieren. So läßt sich ‚Der logische Aufbau der Welt‘ im Sinne von Carnap und dem ‚Tractatus‘ Wittgensteins im Computer nachvollziehen, d.h. die durch das Denken, den Intellekt, erschlossene Welt wird im Computer virtuell manipulierbar. Deshalb läßt sich nicht

nur rationales Planen und Handeln des Menschen durch den Computer unterstützen, sondern es können auch virtuelle Denkwelten aufgebaut werden. Auf diesen Vorstellungen basiert das Software-Engineering-Konzept des modularen, hierarchischen Aufbaus von Software-Systemen und der Wunsch nach vollständigen, exakten Spezifikationen, aus denen Implementationen systematisch konstruiert werden können.

Der Bezug zur realen Welt wird bei der Systementwicklung durch Anwendung formalisierten Wissens aus anderen Disziplinen hergestellt – im wesentlichen unter Verwendung von Logik und Mathematik. Also läßt sich zusammenfassen: Die Systeme der traditionellen Informatik bilden eine vom menschlichen Intellekt geschaffene künstliche Welt. Der Kontakt dieser Systeme zur realen Welt geschieht über technische und zivilisatorische Schnittstellen: diese sind ebenfalls konstruiert durch den menschlichen Intellekt. Diese Informatik ist also rein auf den menschlichen Intellekt bezogen.

Ich hoffe, Sie stimmen mit mir auch darin überein, daß – so gesehen – die klassische Kerninformatik und die von ihr lange heftig befehdete Künstliche Intelligenz eigentlich die zwei Seiten derselben Medaille sind: Denn beide basieren auf dem Paradigma der Symbolverarbeitung. Die Kerninformatik ging bottom-up vor (von der Bit-Manipulation in Maschinensprache zum objektiven Entwurf). Die KI ging top-down vor (vom General Problem Solver zu detaillierten Wissensrepräsentationsmethoden und Wissensverarbeitungsverfahren). Heute haben sich beide einander sehr genähert.

Zur Veranschaulichung einiger Aspekte des zentralen Gesichts der Informatik möchte ich nun ein paar Beispiele bringen – sie stammen im wesentlichen aus Vorhaben, die an meinem Lehrstuhl (z.T. in Zusammenarbeit mit Firmen) durchgeführt werden bzw. wurden. Sie erscheinen natürlich recht trivial, weil ich sie stark vereinfache. Ich habe sie alle dem folgenden Beispielszenario zuzuordnen versucht:

Möglichkeiten der Computerunterstützung bei Vorbereitung und Durchführung einer Reise (mit Auto, Bahn, Flugzeug, Taxi, etc.).

a) Erstes Beispiel: Wegbeschreibung, Routenplanung, Repräsentation räumlichen Wissens.

Wir arbeiten seit langem an diesen Themen im Rahmen von Projekten (BMFT, DFG). Unter anderem habe ich vor gut 3 Jahren gemeinsam mit Psychologen und Kognitionswissenschaftlern ein DFG-Schwerpunktprogramm zum Thema Raumkognition auf den Weg gebracht (Sprecher ist Prof. Ch. Freska, Informatik, Universität Hamburg). Nur einige Stichworte für Fragestellungen dazu: Wie merkt man sich räumliches und zeitliches Wissen (Weg durch eine fremde Stadt)? Wie beschreibt man einer anderen Person einen Weg – sprachlich, graphisch (verschiedene Kartentypen)? Wie erkennt, erinnert, beschreibt man Bewegungen? Wie extrapoliert man ihren Verlauf?

Klassische mathematische (geometrische) Beschreibungen sind oft nicht adäquat. Das Beispiel soll darauf verweisen, daß man ganz verschiedene formale, symbolische Repräsentationen auf verschiedenen Stufen von Genauigkeit und Kontextbezogenheit verwenden kann – geeignet für jeweils verschiedene Zwecke: sogenannte qualitative Repräsentationen.

b) Zweites Beispiel: Platzreservierung (für Zug oder Flugzeug).

Ich möchte hier gleich betonen, daß in Wirklichkeit in solch einem System nicht Plätze, sondern nur Ansprüche auf Plätze reserviert werden. Mögliche Plätze werden in einer Datenbank (als symbolische Informationen) gespeichert. Die Datenbank sei verteilt in einem Rechnersystem mit verteilten Speichern. Reservierungen – durch verschiedene Reisebüros – werden nebenläufig auf mehreren Rechnerknoten ausgeführt. Dieses Beispiel ist prototypisch für den Symbolverarbeitungsansatz der traditionellen Informatik: Alles Wissen und alles, was geschehen soll, wird nur aufgeschrieben und muß erst von Menschen interpretiert und in Handlung umgesetzt werden.

Noch aus einem zweiten Grund ist dieses Beispiel für uns interessant. Es zeigt ein Problem der normalen Methode der Software-Entwick-

lung: Der modulare hierarchische Aufbau klappt nicht so einfach, die auf den verschiedenen Rechnerknoten abgewickelten Transaktionen können (wegen zeitlicher Überschneidungen) in Konflikt geraten.

Wie kommt man hier zu Lösungen? Man simuliert in Gedanken, wie solch eine parallele verteilte Reservierungsaktivität von zivilisierten Menschen in der Realität organisiert werden würde und simuliert das symbolisch im Rechnersystem. Wir haben uns (im SFB 342) z.B. damit befaßt, wie man formal beweisen kann, daß solch ein System zuverlässig arbeitet (insbesondere keine Doppelreservierungen erzeugt).

Wesentliche Hilfsmittel sind Petrinetze, d.h. Graphen mit zwei Sorten von Knoten, die Aktionen bzw. Speicher repräsentieren. Mit solchen Petrinetzen können wir genau darstellen, wie Aktionen auf Speicher wirken und welche Informationen transportiert werden – und dann werden Beweise nur noch über das in solchen Graphen symbolisch Dargestellte geführt. Aus solchen Petrinetzen kann man außerdem ziemlich direkt Programmcodes gewinnen.

Lassen Sie mich zurückkommen auf das letzte Beispiel, und zwar auf eine Fortsetzung des Beispiels im Hinblick auf die Frage des Bezugs des Reservierungssystems zur Realität. Was passiert denn, wenn ich auf dem Bahnhof in meinen Wagen Nr. 1 steige, mit meiner Platzkarte, auf der die symbolische Beschreibung meines Sitzplatzes steht? Was ist, wenn das Zugpersonal vergessen hat, den Reservierungszettel anzubringen und schon jemand auf meinem Platz sitzt? Da hilft nur die Zivilisation mit ihren Regeln. Und was ist, wenn in letzter Minute der Wagen Nr. 1 ausgefallen ist? Dann muß von Hand die Realität oder meine Reservierung verändert werden.

Man könnte zwar auch daran denken, daß das Reservierungssystem selbst direkten Kontakt zur Realität aufnimmt, aber damit würden wir aus dem Rahmen des bisher Betrachteten, der Informatik als Informationsverarbeitung nach dem Vorbild des menschlichen Intellekts, heraustreten. Deshalb möchte ich die Betrachtung des zentralen Gesichts abbrechen und nur noch als knappe Zusammenfassung dieses Gesichts das *Intellekt-bezogene* nennen.

Nun zum zweiten Gesicht, das ich gleich jetzt das *Physik-bezogene* nennen will, weil es hier um den direkten Kontakt mit der physikalischen Realität geht. Die Informatik befaßt sich heutzutage nicht mehr nur mit geistigen (mathematisch-logischen) Tätigkeiten, sondern auch mit körperlichen. Sie baut Informatik-Systeme, die indirekt genutzt werden, sogenannte eingebettete Systeme, d.h. Kernkomponenten moderner Industrieprodukte (medizinische Geräte, Autos, etc.) oder moderne Dienstleistungssysteme (das intelligente Haus). Diese Informatik-Systeme arbeiten also auch mit physikalischen Geräten zusammen, nicht nur mit Menschen. Die Informatik befaßt sich also auch mit Analyse, Steuerung und Regelung

- realer technischer (physikalisch/chemischer) Systeme,
- soziotechnischer Systeme wie Verkehrs-, Verwertungs-, Handelssysteme.

Was ist nun die Grundvorstellung, die dieses neue Gesicht der Informatik charakterisiert, also die Grundvorstellung für die Einbettung technischer Systeme in die reale Welt, für die Steuerung oder Regelung (komplexerer) technischer oder natürlicher Systeme?

Das läßt sich knapp so beschreiben: Ein System, das in einer Umwelt aktiv sein soll, erfaßt Informationen über die Umwelt mittels Sensoren (Meßdatenerfassung). Aus diesen Informationen bestimmt das System (aufgrund der Naturgesetze), wie sich die Umwelt in Zukunft verhalten wird. Wenn das eigene Verhalten nicht mit dem zukünftigen Verhalten der Umwelt im Einklang ist, kann das System entweder sein eigenes Verhalten ändern oder auf die Umwelt so einwirken, daß sich deren Verhalten in passender Weise ändert.

Wenn wir Informatik-Systeme bauen wollen, die physikalisch/technische Systeme steuern sollen, müssen wir genauer wissen, worauf der Bau (und Einsatz) technischer Geräte beruht. Ich möchte das nur sehr abstrakt skizzieren durch Angabe von drei Grundprinzipien, von denen man dabei ausgeht:

- 1) Der Verlauf der Dinge ist – mittels der Naturgesetze – vorhersagbar, wenn alle Anfangsbedingungen bekannt sind. Stichworte: Laplace-scher Dämon (1776), Kausalitätsprinzip.

- 2) Komplexe Systeme versteht man, d.h. die Gesetze für ihr Verhalten findet man, indem man die Systeme solange (rekursiv) in Subsysteme zerlegt, bis man Systeme erhält, die man mathematisch-analytisch behandeln kann. Das Verhalten des Gesamtsystems erhält man (rückwärts) durch (additives) Zusammensetzen. Stichwort: John Stuart Mills Prinzip der ‚Gleichförmigkeit der Natur‘ (1843).

Bei den Überlegungen zu diesem Grundprinzip fiel mir eine erstaunliche Beziehung zur klassischen Informatik auf. Freges Kompositionsprinzip ist die Übertragung dieses Millschen Prinzips der Gleichförmigkeit auf Sprache und Denken. Die algebraisch-logische Grundlage des Software-Engineering entspricht also der Newton-Hamiltonschen Theorie der klassischen Mechanik.

- 3) Schließlich das dritte Grundprinzip: Meßdatenerfassung ist zwar fehlerbehaftet, aber diese Fehler lassen sich eliminieren oder wenigstens minimieren. Man unterscheidet systematische Fehler des Datenerfassungsverfahrens, diese beruhen wieder auf Naturgesetzen und lassen sich also herauspräparieren, sowie statistische Fehler, für sie hat man vor allem die Gaußsche Fehlerrechnung sowie Filtertechniken zur Unterdrückung stochastischen Rauschens.

Das hört sich nun so an, als ob alle Probleme gelöst seien. Sehen wir uns ein wenig genauer an, was passiert, wenn ein Informatik-System direkt in die physikalische Realität eingreift, d.h. wenn es ein spezielles physikalisches System zu steuern versucht. Wir haben dann zwei miteinander gekoppelte Systeme:

- Das diskrete (in Schritten arbeitende) Informatik-System IS,
- Das kontinuierliche (fortlaufend arbeitende) physikalische (dynamische) System PS.

PS erhält 2 Sorten von Eingaben:

- Sensordaten über seine Umwelt,
- Steuersignale von IS

IS erhält 3 Sorten von Eingaben:

- Es beobachtet PS (erhält also Daten über das Verhalten von PS) und versucht, aus dem vergangenen auf das zukünftige Verhalten von PS zu schließen.
- Es erhält eventuell auch einige Daten aus der Umwelt.
- Es erhält eventuell von einem Auftraggeber Vorgaben, Anforderungen, etc.

In der Regelungstheorie und -technik (und der Kybernetik) werden ähnliche rückgekoppelte Systeme schon lange betrachtet, wobei allerdings dort auch das steuernde System IS (der sogenannte Regler) ein kontinuierliches physikalisches System ist. In der theoretischen Informatik hat sich seit 1992 der Begriff Hybride Systeme für solche Systeme eingebürgert, die aus einem diskreten und einem kontinuierlichen System bestehen – aber die Theorie dazu steckt noch in den Anfängen. Im letzten Jahr war ich zusammen mit mehreren Ingenieuren und Informatikern an der Planung eines DFG-Schwerpunktprogramms zum Thema ‚Integration von Spezifikationstechniken für Ingenieurwissenschaftliche Anwendungen‘ beteiligt, das in diesem Herbst seine Arbeit aufgenommen hat (Sprecher ist Prof. H. Ehrig, Informatik, TU Berlin).

Jetzt wieder ein Beispiel: Wir arbeiten in einem größeren BMBF-Verbundprojekt zum Thema ‚Adaptive Control‘ mit mehreren Firmen und Ingenieurlehrstühlen zusammen am Problem der Prüfstandsautomatisierung für Verbrennungsmotoren (mit dem Fernziel der individuellen adaptiven Regelung von Auto- oder Flugzeugmotoren). In diesem Vortrag möchte ich der Einfachheit halber das skizzierte hybride System wie folgt interpretieren:

- PS ist ein Auto mit Gangschaltung zusammen mit dem Fahrer.
- IS ist die Beifahrerin oder die Fahrlehrerin, die sagt, wann der Fahrer in welchen Gang schalten soll (Nebenbemerkung: Das Geschlecht der Personen könnte jeweils anders sein).

Das kontinuierliche System (das fahrende Auto) ist zwar ziemlich komplex, aber die Aufgabe des IS scheint relativ einfach zu sein. Weil das Auto einen Drehzahlmesser hat, kann die Fahrlehrerin einfach die

Graphiken der Kennlinien des Systems (die zumindest früher in den Betriebsanleitungen zu finden waren) benutzen und nach folgender Regel handeln: Wenn die Drehzahl zu hoch (oder zu niedrig) ist, muß ein Schaltbefehl gegeben werden. Einige Probleme sieht man nun sofort:

- Was heißt hier zu hoch, was zu niedrig?
- Was ist, wenn kein Drehzahlmesser (und eventuell auch kein Tacho) vorhanden (oder zu sehen) ist, sondern nach Gehör (und visuellem Geschwindigkeitseindruck) über das Schalten entschieden wird?

Beide Fälle führen auf unscharfe Entscheidungskriterien, also auf Fuzzy Logik, Fuzzy Regelung. Nun weitere Problemandeutungen:

- Wie modelliert man, daß der Fahrer eventuell am Berg zu langsam schaltet? Zu dieser Frage der Behandlung von Totzeiten bei der Kupplung lief bei mir gerade eine Diplomarbeit.
- Die Zusammenhänge zwischen Drehzahl und Geschwindigkeit in jedem Gang (Kennlinien) sind linear. Was ist, wenn man aber den Zusammenhang zwischen Gaspedaldruck und Geschwindigkeit auf bergiger, kurviger Strecke betrachtet? Dieser Zusammenhang ist nicht nur nichtlinear, sondern auch schlecht mathematisch beschreibbar. Wie soll da das IS arbeiten?
- In der Physik hat man (seit längerem) erkannt, daß das Prinzip der klassischen Kausalität bei nichtlinearen dynamischen Systemen nicht zu gelten braucht. Man unterscheidet die klassische oder auch Starke Kausalität (ähnliche Ursachen haben ähnliche Wirkung, d.h. kleine Meßfehler spielen keine Rolle) und die Schwache Kausalität (nur gleiche Ursachen haben gleiche Wirkung und schon wenig verschiedene Ursachen können ganz verschiedene Wirkungen haben, d.h. kleinste Meßfehler führen zu völlig falschen Schlüssen; das tritt bei sogenannten chaotischen Systemen auf).

Als Problemstellungen ergeben sich für die Informatik z.B.:

- Wie erkennt das IS, ob das PS der Starken oder nur der Schwachen Kausalität gehorcht?
- Wie steuert man ein schwach kausales System?

Hilfsmittel sind die physikalisch mathematische Theorie dynamischer Systeme, die Regelungstheorie, statistische Methoden (insbesondere für Zeitreihenanalyse), sowie die Informationstheorie (denn man kann Kausalität als die Weitergabe von Information auffassen). Aber zur Modellierung komplexer realer Systeme, die sich eventuell noch im Laufe der Zeit verändern – wie etwa Motor und Getriebe eines Autos – reicht auch das alles nicht, man braucht noch eine weitere Dimension der Informatik.

Ich komme deshalb zum dritten Gesicht der Informatik, das ich schlagwortartig als das *Biologie-bezogene* Gesicht der Informatik bezeichnen will, obwohl mir klar ist, daß diese Bezeichnung mehr noch als die beiden anderen arg vereinfachend und vielleicht mißverständlich ist. Mit dem Wort Biologie möchte ich auf die Forschungen zu den Phänomenen tierischen und menschlichen Lebens, inklusive Verhaltensforschung und Psychologie bis hin zu Teilen der Linguistik verweisen. Dieser ganze Bereich ist für die Informatik wichtig, denn normale Lebewesen – auch die meisten Menschen – beherrschen weder Logik und Mathematik noch Physik. Trotzdem sind sie im alltäglichen Leben den bisherigen Informatiksystemen überlegen. Im normalen Leben gelten die Standardannahmen und Standardanforderungen der traditionellen Informatik i.a. nicht, da gibt es oder da braucht man

- keine absolute Fehlerfreiheit,
- keine scharfen Unterscheidungen zwischen gut und böse oder richtig und falsch,
- keine Mill/Fregesche Gleichförmigkeit der Komposition,
- keine dauernde Stabilität des Verhaltens, nicht nur langsames Verändern, sondern plötzliches ‚Umkippen‘ beim Erkennen, Verstehen, Reagieren aufgrund kleiner Änderungen der Gemütslage, des körperlichen Befindens, der Umweltbedingungen.

Normale Lebewesen haben Fähigkeiten, die ihnen ermöglichen, mit diesen Verhältnissen zurechtzukommen, sie können sich anpassen oder sogar lernen. Mehr Erfahrung und mehr Wissen führt bei ihnen nicht zu Verlangsamung (wie meist im Computer), sondern zu Beschleunigung der Reaktion (denken Sie z.B. ans Auto fahren: Wie langsam war man als Fahrschüler, wie schnell reagiert man

später bei 150 Stundenkilometern auf der Autobahn). Normale Lebewesen können auch

- Fehler, Unvollständigkeit, Ungewißheit, Ungenauigkeit kompensieren,
- typisches Verhalten, charakteristische Merkmale, Gestalt erkennen,
- komplexe dynamische Systeme steuern und regeln,
- zielgerichtet, interessengeleitet, sinnbezogen handeln,
- und vieles mehr.

Damit sind die Grundvoraussetzungen skizziert, die dieses relativ junge Gesicht der Informatik bestimmen. Die Vorgehensweise in diesem Bereich ist dann im Prinzip klar: Man versucht biologische Systeme (Lebewesen) nachzuahmen, indem man Strukturen und Verfahren entwickelt, die eine gewisse Ähnlichkeit zu dem haben, was man über Phänomene wie folgende weiß:

- Wahrnehmung: Redundanzreaktion, Erkennung von charakteristischen Merkmalen, Gestalterkennung, Bewegungserkennung
- Reaktion auf Reize: Rückkopplung, Regelung
- Gedächtnis und Lernen: Neuronale Netze
- Anpassung: Evolutionäre Verfahren
- Kooperation von Individuen: Multiagentensysteme

Wichtig ist bei diesem Ansatz, daß es weniger um formale vollständige logisch-mathematische Beschreibung und totale Korrektheit geht, als darum, daß die konstruierten Systeme ein Verhalten aufweisen, das

- vernünftig,
- möglichst optimal und vor allem,
- zuverlässig, insbesondere auch robust gegenüber unvorhergesehenen Störungen ist.

Auch hierzu die Skizze eines Beispiels: Stellen Sie sich bitte ein Auto auf einer Teststrecke vor, dessen Fahrer Testfahrten mit verschiedenen Geschwindigkeitsverläufen durchführt. Nun soll ein Informatik-System entwickelt werden, das den Fahrer ersetzen kann, d.h. das lernt, wie es Gas zu gegen hat, damit ein bestimmter Geschwindig-

keitsverlauf erreicht wird. Das System muß also lernen, in welchem Zustand des Autos welcher Gaspedaldruck nötig ist – wobei es selbst erkennen muß, welche Merkmale der Meßwerte (z.B. Gang, Geschwindigkeit, Neigungswinkel des Autos, etc.) den jeweiligen Zustand bestimmen. Wir wollen dabei annehmen, daß das System alle irgendwie nötigen Meßwerte (Sensor Daten) erhält – i.a. ist das natürlich nicht der Fall. Der Raum der möglichen Zustände ist fast unendlich groß, er enthält alle Meßwert-Tupel, die theoretisch möglich sind. Es ist deshalb nicht sinnvoll, eine Datenbank aller Zustände und der zugehörigen Gaspedaldrücke abzulegen. Es ist viel besser anzunehmen, daß Zustände, die in gewisser Weise benachbart sind, zu ähnlichen Pedaldrücken führen. Also ist es eine vernünftige Lernstrategie, in einer ersten Runde den Zustandsraum (durch beobachtendes Lernen) in Ähnlichkeitsgebiete zu zerlegen und in einer zweiten Lernrunde jedem Gebiet einen Agenten (z.B. ein neuronales Netz) zuzuordnen, der etwas genauer regelt, bei welchem Zustand wie Gas gegeben wird. Als Ähnlichkeitsgebiete werden Ellipsoide verwendet – diese sind mit wenigen Parametern darstellbar. Das ermöglicht, daß man nach den ersten zwei Runden sich schon mit einer groben Approximation zufrieden geben kann, oder aber weiter trainiert und Ähnlichkeitsgebiete weiter unterteilt bzw. auch wieder zusammenlegt, oder die Fähigkeit einzelner Agenten verbessert.

Noch kurz ein anderes Beispiel: Planung einer Sitzung eines internationalen Gremiums. Festlegung von Ort, Termin, Reiserouten und Hotelreservierungen geschehen mit Hilfe von persönlichen Agenten übers Internet. Hier haben wir es mit einem Sozialsystem von Agenten zu tun. Das erfordert die Zusammenarbeit von Soziologen und Informatikern: Um diese zu fördern hat die DFG in diesem Frühjahr ein Schwerpunktprogramm mit dem Thema Sozionik gestartet. (Ich war an der Antragstellung beteiligt, Sprecher ist der Soziologe Prof. Th. Malsch, TU-Hamburg-Harburg).

So viel zu den drei Gesichtern der Informatik, die aber noch nicht alle möglichen Gesichter sein müssen und wohl auch nicht sein werden. Ich habe den Eindruck, daß Sie hier in Augsburg den Ehrgeiz haben, ein weiters Gesicht der Informatik herauszuarbeiten.

Viel Erfolg dabei!

Bisher haben wir von außen betrachtet, was man innerhalb der Informatik macht. Jetzt wollen wir als Informatiker nach draußen, in die Welt außerhalb der Informatik sehen. Dazu gibt es zwei Motive:

- Man will etwas Nützliches tun.
- Man will etwas Neues lernen.

Tun heißt wiederum zweierlei:

- Unterstützungssysteme für menschliche Aktivitäten bauen (z.B. Fremdsprachenübersetzungssysteme oder Serviceroboter).
- Simulations- oder gar Erklärungsmodelle für Phänomene in anderen Disziplinen entwickeln (z.B. Raumkognition).

Lernen heißt ebenfalls zweierlei:

- Sachwissen eines Gebiets im Hinblick auf mögliche Anwendungen erwerben.
- Erkennen, daß informatische (und natürlich auch logische oder mathematische) Modelle, die ursprünglich für eine Disziplin entwickelt wurden, sich auch für Anwendungen der Informatik in anderen Disziplinen eignen und als Untersuchungsobjekte der Informatik interessant sein können (z.B. Neuronale Netze, DNA Computing, Quantum Computing).

So wie vorhin bei der Betrachtung der Informatik trifft auch jetzt beim Blick aus der Informatik heraus nach draußen die Dreigesichtigkeit zu – zumindest beim jetzigen Stand der Informatik und vor allem auch hinsichtlich der Ausbildung der jetzigen Informatiker: (Fast) jeder Informatiker sieht (normalerweise) nur durch eines der Gesichter, nur durch eine Maske nach draußen. (Ich z.B. bin für die Sicht durch die *Intellekt-bezogene* Maske ausgebildet, erst sehr viel später habe ich begonnen auch durch die *Biologie-bezogene* Maske zu sehen und nur kurz ist meine Beschäftigung mit dem Blick durch die *Physik-bezogene* Maske). Wie unterschiedlich die Sichten durch die verschiedenen Masken sind, möchte ich an zwei Beispielen zeigen:

a) Wie wird menschliche Wahrnehmung, Denken, Handeln vom Informatiker gesehen?

- Die *Intellekt-bezogene* Sicht führt leicht zur Auffassung ‚alles ist Symbolverarbeitung‘. Diese Sicht hat zur Künstlichen Intelligenz und zur Kognitionswissenschaft geführt.
- Die *Biologie-bezogene* Sicht tendiert zu ‚alles ist (subsymbolische) Reizverarbeitung‘. Da sind wir bei Neuro-Informatik, verhaltensbasierter KI, Neuro-Linguistik, Computational Intelligence.

Selbst in Kleinigkeiten können diese Sichten zu verschiedenen Entscheidungen führen, z.B. bei der simplen Frage, ob Anzeigengeräte im Auto digital oder analog sein sollen.

b) Das zweite Beispiel betrifft den Begriff der Zeit.

- Die *Intellekt-bezogene* Informatik hat keinen auf die reale Wirklichkeit gerichteten Zeitbegriff: Die formale Beschreibung und die logischen Schlüsse sind zeitlos. Wenn von Zeit die Rede ist, dann von der im Computer benötigten Verarbeitungszeit, diese hat aber i.a. nichts mit den modellierten Vorgängen in der Realität außerhalb zu tun.
- Die *Physik-bezogene* Informatik hat den Zeitbegriff des Ablaufs in einem (kontinuierlichen) dynamischen System (also im wesentlichen den klassischen physikalischen Zeitbegriff, wie er in der Zeitbewegung der Armbanduhr zum Ausdruck kommt).
- Die *Biologie-bezogene* Informatik hat zusätzlich (wegen der Gedächtnis- und Lernfähigkeit) einen historischen (subjektiven) Zeitbegriff.

Ich hoffe, daß auch nach Ihrem Zeitempfinden (trotz/entsprechend der Uhr) mir noch ein Moment für meine Schlußbemerkung übriggeblieben ist: Ich halte es für wünschenswert, daß immer mehr anerkannt wird, daß die Informatik mindestens dreigesichtig ist – und mehr noch –, daß alle drei Gesichter gleichberechtigt sind, also uns zugewandt sind. Jeder Informatiker sollte sich seinerseits bemühen, nicht immer nur durch eine Maske zu sehen. Vielleicht ist es ja – mit ein wenig Abstand – möglich, durch alle drei Masken gleichzeitig nach draußen zu blicken, so daß sich eine Art Stereo-Effekt einstellt, der ein facettenreicheres, plastischeres Bild des betrachteten Teils der Realität liefert.

# Methoden und Werkzeuge der Umweltinformatik

Prof. Dr.-Ing. Bernd Page

## Abstract

Problemlösung im Umweltbereich ist vorrangig auch ein Informationsverarbeitungsproblem. Daher sind moderne Informations- und Kommunikationssysteme heute auch in Umweltschutz und Umweltforschung unverzichtbar geworden. Vor diesem Hintergrund hat sich eine neue Spezialdisziplin der Angewandten Informatik – die Umweltinformatik – herauskristallisiert, die sich mit den Grundsatzfragen der Umweltinformationsverarbeitung wissenschaftlich auseinandersetzt. Der Werdegang, die Bedeutung und die inhaltlichen Schwerpunkte der Umweltinformatik werden ausgeführt. Anschließend wird beispielhaft ein im Rahmen der Umweltinformatik entwickelter Modellierungsansatz und die zugehörige Modellierungssoftware für die Ökobilanzierung vorgestellt. Dazu wird die zugrundeliegende umweltrelevante Problemstellung, die Bilanzierung betrieblicher Stoff- und Energieflüsse, erläutert. Die neu entwickelte Modellierungsmethode der Stoffstromnetze, die auf den Petri-Netzen aus der Theoretischen Informatik basiert, wird ausführlich erklärt. Es werden Anforderungen an geeignete Softwarewerkzeuge für die Ökobilanzierung formuliert. Ein entsprechendes Softwareprodukt stellt das Ökobilanzprogramm *Umberto*<sup>®</sup> dar, das ursprünglich als Prototyp im universitären Bereich entwickelt wurde und inzwischen erfolgreich kommerziell vermarktet wird. Das vorliegende FuE-Projekt zeigt, dass die Umweltinformatik nicht nur leistungsfähige Softwarewerkzeuge für den Umweltbereich hervorbringen kann, sondern auch einen Beitrag zur rechnergestützten Methodenentwicklung zur Lösung auf umweltrelevanten Aufgabenstellungen zu leisten vermag.

## 1. Einführung: Die Bedeutung der maschinellen Umweltinformationsverarbeitung

Die vielfältigen Aufgaben des Umweltschutzes, der Umweltplanung und Umweltforschung können nur auf der Grundlage einer umfassenden und zuverlässigen Informationsbasis bewältigt werden. Folglich ist die *Problemlösung im Umweltschutz* ganz wesentlich auch ein *Informationsverarbeitungsproblem*. Zustand und Geschehen in der Umwelt werden durch biologische, physikalische, chemische, geologische, meteorologische und sozioökonomische Daten beschrieben. Diese Daten sind raum- und zeitbezogen und kennzeichnen vergangene, aktuelle und – im Falle von Prognosen – auch zukünftige Umweltzustände. Die Verarbeitung der Informationen über die Umwelt, über Belastungsfaktoren und über die wechselseitigen Wirkungsmechanismen zwischen anthropogenen und natürlichen Systemen ist die Basis aller umweltschutzbezogenen Planungen und Maßnahmen. Die Fülle und Vielfältigkeit des im Umweltbereich anfallenden Datenmaterials macht eine Unterstützung der Informationsverarbeitung im Umweltschutz durch den *Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnik* heute unverzichtbar. Dabei ist jedoch eine reine Datenspeicherung nicht ausreichend, da im Laufe der Jahre riesige Datenfriedhöfe (z.B. von Meßdaten aus automatischen Meßstationen) entstehen würden, die niemand mehr nutzen könnte. Vielmehr geht es darum, aus dem umfangreichen Datenbestand aussagekräftige und aktuelle Informationen über den Zustand der Umwelt herauszufiltern, die für Verwaltungs- und Planungsaufgaben im Umweltschutz verwendbar sind. Damit sind auch schon die Hauptziele der Einrichtung von Umweltinformationssystemen angesprochen, nämlich die Fülle der erfaßten Umweltdaten so aufzubereiten, daß sie für gezielte Analysen, politisch-strategische Planungen im Umweltschutz und natürlich auch für die Steuerung des routinemäßigen Verwaltungsvollzuges in den Umweltbehörden (z.B. der Genehmigung emittierender Anlagen nach dem Stand der Technik) genutzt werden können.

Dem Computereinsatz in der Umweltschutzpraxis fehlte lange Zeit eine wissenschaftlich fundierte, konzeptionelle Basis. Hier ist die Angewandte Informatik gefordert, die in einem interdisziplinären Kontext von Geo-, Bio- und Umweltwissenschaften, von Chemie, von Planungs- und Verwaltungswissenschaften, Wirtschafts-, Organi-

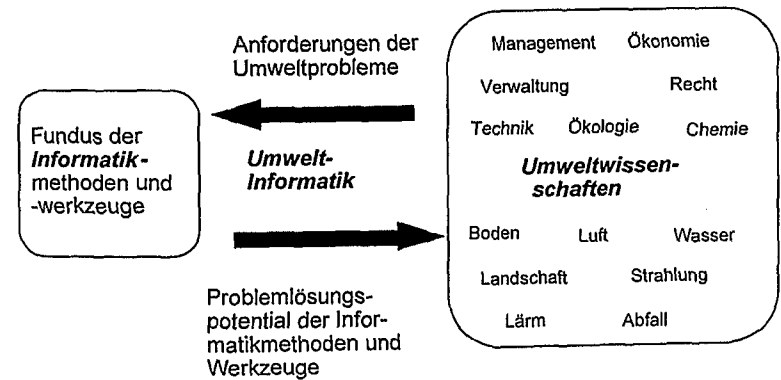


sations- und Rechtswissenschaften bis hin zur Verfahrens- oder Umwelttechnik leistungsfähige Lösungen für Aufgaben der maschinellen Umweltinformationsverarbeitung entwickeln kann. *Der Informatik als Wissenschaft der grundsätzlichen Methodiken der Informations- und Wissensverarbeitung, ihrer Anwendungen und Auswirkungen kommt bei dieser interdisziplinären Aufgabe eine zentrale Rolle zu.* Dabei ist nicht allein der reine Werkzeugcharakter gemeint, sondern vor allem auch das methodische Potential der Informatik. Sie kann als eine Struktur- und Querschnittswissenschaft einen wesentlichen Beitrag zur Systematisierung und Strukturierung der Informationsverarbeitung in verschiedensten Umweltfachdisziplinen leisten.

Seit Mitte der 80er Jahre hat sich in der Angewandten Informatik eine neue spezialisierte Forschungsrichtung ‚Angewandte Informatik im Umweltschutz‘, später zunehmend als Umweltinformatik bezeichnet (vgl. Page (1986)), herausgebildet, die sich mit den Grundsatzfragen der Umweltinformationsverarbeitung wissenschaftlich auseinandersetzt.

Die wissenschaftliche Disziplin der Informatik benötigt wie andere Wissenschaften auch einen anwendungsorientierten Zweig, weil sie nur im Rahmen einer Angewandten Informatik ein angemessenes Verständnis für den Anwendungskontext ihrer Systeme entwickeln kann. Die anwendungsorientierten Informatiker befinden sich dabei in der Rolle von verstehenden Beratern, die eine spezifisch informatische Perspektive in interdisziplinäre Projekte einbringen. Daher sind in Lehre und Forschung unterschiedliche Spezialisierungen der Angewandten Informatik notwendig; hierzu gehören nicht nur die Wirtschaftsinformatik, die Medizinische Informatik oder die Ingenieurinformatik, sondern eben auch die Umweltinformatik. In der Abbildung 1 ist die Brückenfunktion, die die Umweltinformatik als spezielle Angewandte Informatik wahrnimmt, veranschaulicht. Das weite Feld der Umweltwissenschaften (Umwelttechnik, Umweltrecht, Ökologie, ...) wirft in den verschiedenen Umweltmedien bzw. -bereichen vielfältige Informationsverarbeitungsprobleme auf, die zu lösen sind. Dazu steht das Problemlösungspotential aus dem großen Fundus der Informatikmethoden und -werkzeuge bereit, das es kompetent einzusetzen gilt. Hier liegt die Aufgabe der Umweltinformatik.

**Abbildung 1: Umweltinformatik als spezielle Angewandte Informatik mit Brückenfunktion**



Unter dem Begriff der Umweltinformatik versteht man eine spezielle Angewandte Informatikdisziplin für den Umweltbereich, die mit Methoden und Techniken der Informatik diejenigen maschinellen Informationsverarbeitungsverfahren analysiert und gestaltet, die einen Beitrag zur Untersuchung, Behebung, Vermeidung bzw. Minimierung von Umweltschäden und -belastungen leisten können.

Die Bedeutung der Umweltinformatik als eine spezielle Angewandte Informatik mit eigenen fachlichen Schwerpunkten resultiert aus den besonderen Eigenschaften der Umweltdaten und deren Verarbeitung, auf die man in ihrer Gesamtheit im Vergleich zu anderen Anwendungsgebieten der Informatik (z.B. in Wirtschaft, Verwaltung oder sogar in vielen Ingenieurdisziplinen) im Umweltbereich trifft. Erstens liegen in Umweltinformationssystemen typischerweise *Massendaten* (aus Meßnetzen, Fernerkundung, Literaturbeständen, etc.) sehr inhomogener Struktur vor, wie Meßwerte aus der Umweltüberwachung, Textdaten zu Umweltliteratur, Gesetzen oder Forschungsvorhaben, Strukturdaten zu chemischen Stoffen, formatierte technische Daten zu umwelttechnischen Anlagen oder topographische Landschaftsdaten. Besonders häufig haben Umweltdaten einen *geographischen Bezug*, d.h. sie sind einem gewissen Punkt oder einem gewissen Bereich des Raumes zugeordnet. Zweitens sind Umweltdatenobjekte oft mehr-

dimensional (z.B. Landkarten mit Altlastenverdachtsflächen) und werden mit Hilfe komplexer *geometrischer Objekte* wie Kurven oder Polygone dargestellt. Drittens spielt sowohl die Verarbeitung *empirisch-statistischer Daten* mit den entsprechenden Methoden, als auch der Umgang mit *vagen, unpräzisen und unvollständigen Daten*, d.h. die Verarbeitung von unsicherem Wissen als Aufgabe für die Umweltinformatik eine wichtige Rolle. Viertens muß ein einfacher Zugriff auf heterogene Datenbanken möglich sein, da ein Benutzer bei der Lösung von interdisziplinären Umweltschutzproblemen häufig auf sehr unterschiedliche Datenquellen zugreifen muß. Fünftens sind Umweltdaten in vielen Fällen fachübergreifend zu bewerten und darzustellen; sie müssen dazu oft erst aus einer oder mehreren fachbezogenen Primärdatenbasen abgeleitet werden (vgl. auch Günther (1991)). In diesem Zusammenhang haben auch sogenannte *Orientierungsdaten* eine wichtige Bedeutung, die dem Benutzer die notwendigen Zusatzinformationen zur fachgerechten Bewertung der Umweltdaten liefern sollen. Schließlich werden sechstens die Umweltdaten sehr häufig *modellbasierten Analysen* (z.B. Ausbreitungsrechnungen oder Ökosystemmodelle) unterworfen. Auch wenn bei der Entwicklung von informationsverarbeitenden Systemen im Umweltbereich erst einmal ein sehr breites Spektrum von weitgehend standardmäßigen Informatikmethoden und -systemen (von der Meßdatenverarbeitung, über Rechnernetze bis hin zu Prozeß-DV-Systemen, die unter dem Eindruck von verschärften Umweltschutzaufgaben auch speziell angepaßt werden müssen) eingesetzt wird, ergeben sich jedoch aus den besonderen Eigenschaften der Umweltdaten spezifische Anforderungen an die Informationsverarbeitung, aus denen sich wichtige methodischen Schwerpunkte der Umweltinformatik ableiten lassen.

Zunächst werden komplex strukturierte, *heterogene Datenbanken und verteilte Informationssysteme* thematisiert. Besondere Aufmerksamkeit haben in den letzten Jahren spezielle Umweltinformationssysteme für die Unternehmen, die sogenannten *Betrieblichen Umweltinformationssysteme* (BUIS) erlangt. Für die raumbezogene Informationsverarbeitung müssen geometrische Datenstrukturen und Algorithmen, räumliche Datenbanken sowie insbesondere moderne *Geographische Informationssysteme* (GIS) einbezogen werden. Zum Umgang mit vagem, unsicheren und unvollständigem Wissen sind Methoden und

Techniken der *Wissensbasierten Systeme* gefragt. Komplexe Umweltdaten sind mit anspruchsvollen *Visualisierungsmethoden* der Computergrafik darzustellen. Wichtig für die sehr heterogenen Benutzergruppen von Umweltdatenbanken und -informationssystemen (von Fachwissenschaftlern über Ministerialbeamte bis hin zur interessierten Öffentlichkeit) sind alle Arten der Benutzerführung und -unterstützung beim Zugriff auf Umweltinformationen (graphische Benutzeroberflächen, *Metadatenbanken*, natürlichsprachliche Zugangssysteme, u.a.). Darüberhinaus sind Architekturprinzipien von *Methoden- und Modellsoftware* in der Umweltinformatik gefragt. Schließlich stellen sich sehr schwierige Probleme der *Methoden- und Datenintegration* in umfassenden, räumlich verteilten informationsverarbeitenden Systemen des Umweltschutzes.

Im folgenden Abschnitt wird beispielhaft ein im Rahmen der Umweltinformatik entwickelter Modellierungsansatz und die zugehörige Modellierungssoftware für die Ökobilanzierung als wichtige Komponente Betrieblicher Umweltinformationssysteme vorgestellt.

## 2. Ein Beispielprojekt der Umweltinformatik: Modellierungswerkzeug für Stoffströme

### 2.1 Umweltrelevante Problemstellung: Bilanzierung betrieblicher Stoff- und Energieflüsse

*Ökobilanzen* sind wichtige Instrumente des Betrieblichen Umweltschutzes. Sie stellen *Methoden zur Quantifizierung der Umweltauswirkungen wirtschaftlicher Tätigkeiten* dar. Im Rahmen der sog. Sachbilanz werden reine Massen- und Energieströme bzw. -bestände untersucht. Auf der Input-Seite der Bilanzen erscheint, was dem betrachteten System an Stoffen und Energien zufließt, auf der Outputseite das, was es verläßt. Bei den Ökobilanzen lassen sich eine betriebliche oder eine produktbezogene Perspektive einnehmen. Die erste Gruppe von Ökobilanzen hat einen Betrieb oder ein Unternehmen zum Gegenstand (Betriebsökobilanz). Die Bilanzgrenzen enden hier an den Grenzen des einzelnen Betriebes bzw. des Unternehmens. Sie beziehen sich auf die gesamte Produktpalette eines Unternehmens. Betriebliche Ökobilanzen können als ökologisches

Pendant zur kaufmännischen Betriebsbilanz angesehen werden. Bei der zweiten Gruppe der Ökobilanzen für Produkte, genauer als Lebenswegbilanzen (engl. Life Cycle Assessment, LCA) bezeichnet, werden alle relevanten Umweltwirkungen eines bestimmten Produktes „von der Wiege bis zur Bahre“, also von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis hin zur Entsorgung, dokumentiert und bewertet. Produktbilanzen sind das ökologische Gegenstück zur betriebswirtschaftlichen Stückkostenrechnung.

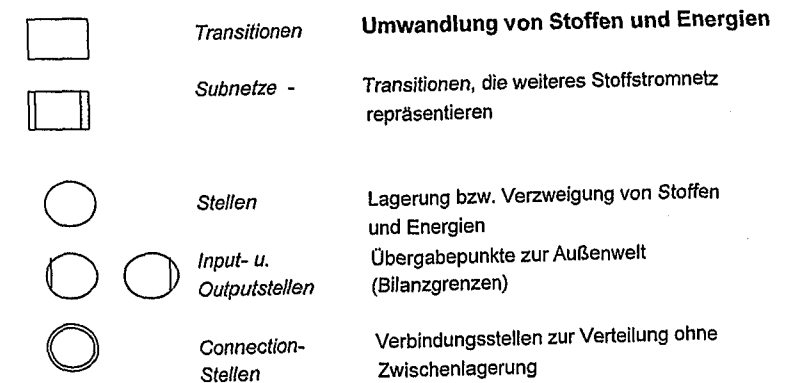
Beide Ansätze der Ökobilanzierung verfügen über Gemeinsamkeiten, denn sie arbeiten auf weitgehend gleicher Datengrundlage und stellen *modellhafte Abbildungen* eines *Stoffstromsystems* unter sich ergänzenden Blickwinkeln dar. Ihre Bilanzräume (Betriebsjahr/ Produktlebenszeit) und funktionale Bezugseinheiten (Betrieb bzw. Standort/ Produkt) unterscheiden sich jedoch. Auch gibt es Berechnungsunterschiede, und zwar rechnet man bei Betriebsbilanzen entlang der Stromrichtung (vom Stoff-/ Energieinput zum Output), während man bei Produktbilanzen (ausgehend von einer Produkteinheit) entgegen der Stromrechnung rechnet. Aus Sicht der Anwender ist es sicherlich nützlich, eine einheitliche Methode für Betriebs- und Ökobilanzen bereitzustellen. Eine derartige Ökobilanzmethode stellen die sog. *Stoffstromnetze* dar, die im folgenden Abschnitt eingeführt werden.

## 2.2 Eine neue Ökobilanzmethode: Die Stoffstromnetze

Mithilfe der am Fachbereich Informatik der Universität Hamburg im Arbeitsbereich Angewandte und Sozialorientierte Informatik von Dipl.-Inform. Andreas Möller im Rahmen seiner Diplomarbeit (Erstbetreuer Prof. A. Rolf/ Zweitbetreuer Prof. B. Page) 1993 entwickelten Methode der Stoffstromnetze wird ein Stoffstromsystem als ein Netz aus Flüssen und Kanten abgebildet, die auf den sog. Petri-Netzen aus der Theoretischen Informatik basieren. Petri-Netze sind Modelle mit strenger Systematik zur formalen Beschreibung und Analyse komplexer, parallel ablaufender Systeme mithilfe einer speziellen grafischen Notation. Die Knoten in den Stoffstromnetzen können entweder (Stoff- oder Energie-) Umwandlungsprozesse (sog. *Transitionen*) oder Lager (sog. *Stellen*) sein. Die Verbindungen zwischen den Knoten stellen Energie- und Materialflüsse dar. Es werden verschiedene

Stellentypen unterschieden. Neben der Lagerfunktion werden durch entsprechende Stellentypen auch Verbindungen zwischen Transitionen bzw. die Systemgrenzen in Form von Input- und Outputstellen beschrieben. Somit werden Stoffstromnetze mit einer überschaubaren Anzahl von Netzsymbolen repräsentiert (s. Abb. 2)

**Abbildung 2: Die Netzelemente eines Stoffstromnetzes**



Das Stoffstromnetz kann visualisiert werden und ist darüber hinaus auch mathematisch beschreibbar. Die einzelnen Umwandlungsprozesse (Transitionen) werden als gekapselte Modelle betrachtet. Im einfachsten Fall können dies lineare Transformationsbeziehungen sein; es können aber auch komplexere (nichtlineare) funktionale Abhängigkeiten zwischen den Input- und Outputströmen des Prozesses vorliegen. Außerdem kann ein einzelner Prozess wieder ein Netz aus vielen Einzelprozessen sein. Die Interaktion zwischen den verschiedenen Knoten erfolgt allein mittels der Material- und Energieflüsse im System. Im Netzzusammenhang wirkt ein Umwandlungsprozess wie eine Blackbox mit bestimmten Input- und Outputflüssen. Die Flüsse werden periodenbezogen dargestellt, z.B. für ein Kalenderjahr. Innerhalb der Perioden wird auf Bilanzhaltung geachtet, wobei eine kombinierte Fluss- und Bestandsrechnung durchgeführt wird, d.h. alle in das System einfließenden Materialien oder Energien müssen entwe-

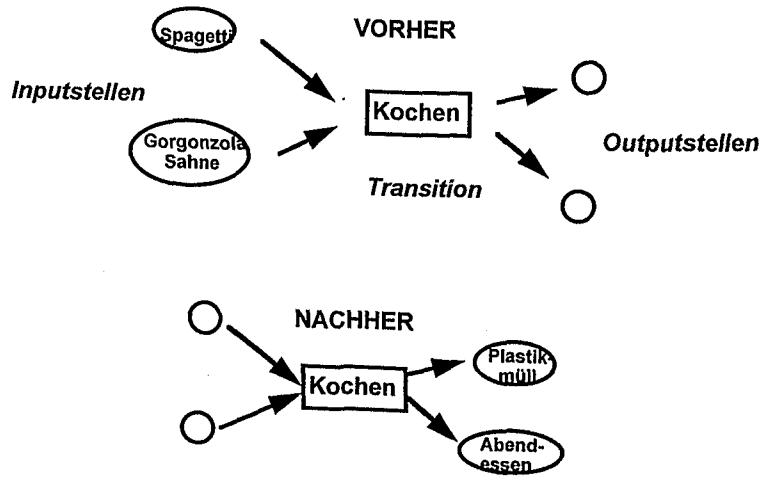
der gespeichert bzw. in andere umgewandelt werden, oder sie fließen aus dem System wieder raus.

Zur Veranschaulichung der Stoffstromnetze wird ein sehr einfaches Beispiel in Abbildung 3 dargestellt, das die Stoff- und Energieumwandlung in einer Transition *Kochen* beschreibt.

Die Petri-Netztheorie bietet methodisch wohldefinierte Netztransformatiionsmechanismen (z.B. Verfeinerung, Vergrößerung) zum systematischen Umgang mit komplexen Netzstrukturen, die zur *Hierarchisierung* bzw. Modularisierung großer Stoffstromnetze Anwendung finden.

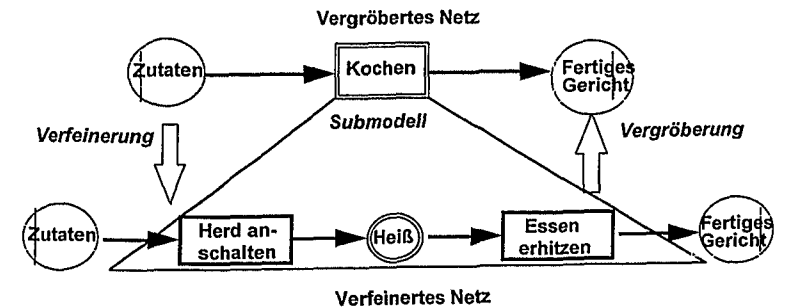
Sie erlauben eine kontrollierte und behutsame Änderung des Detaillierungsgrades von Stoffstromnetzen und sind die Grundlage für die Überführung von umfangreichen, unübersichtlichen Netzen in besser strukturierte Stoffstromnetze.

**Abbildung 3: Ein einfaches Beispiel für ein Stoffstromnetz**



Sie ermöglichen die Einbindung von hierarchischen Netzen als Bausteine (Subnetze) in bestehende Netze (s. Abb. 4). Die Einbindung von Subnetzen bildet die Basis für ein *Bibliothekskonzept*, das die Idee aufgreift, dem Anwender häufig verwendete *Standardprozesse* in der Ökobilanzierung mit Stoffstromnetzen in Form von vorgefertigten Transitionen oder Subnetzen in (ggf. branchenspezifischen) Standardbibliotheken zur Verfügung zu stellen, um den Daten- und Modellierungsaufwand für den Anwender wesentlich zu verringern. Derartige Standardprozesse könnten z.B. Transporte, Energieerzeugung oder Abfallbehandlung sein, die immer wieder benötigt werden und nur mit betriebspezifischen Leistungskenngrößen zu parametrisieren wären.

**Abbildung 4: Hierarchische Strukturierung von Stoffstromnetzen**



Zusammenfassend verfügen die Stoffstromnetze gegenüber herkömmlichen Ökobilanzansätzen über eine Reihe von Vorteilen, denn sie eignen sich zur Abbildung komplexer Stoffstromsysteme, die sowohl auf Prozess- als auch auf Systemebene (z.B. Betrieb) mehrere Produkte hervorbringen (sogenannte Kuppelproduktion), auf der Prozessebene auch Nichtlinearitäten berücksichtigen, neben den (Stoff- und Energie-) Flüssen auch Bestände im System berücksichtigen können, auf einer zeitperiodenbasierten Bilanzierung basieren sowie als Ganzes oder in Teilen, also in flexiblen Bilanzgrenzen, auswertbar sind. Aufgrund ihrer beliebigen Rechenrichtung können sie als ein-

heitliche Methodik sowohl für Produkt-, als auch für Betriebsbilanzen verwendet werden. Die lokale Berechenbarkeit der Netze sowie die Berechnung fehlender Werte, d.h. Betriebsdaten, die nicht verfügbar sind, erlauben einen schrittweisen und explorativen Modellaufbau, der für nur teilweise spezifizierte Netze bereits vorläufige Analysen zulässt.

Die Stoffstromnetze bieten aufgrund ihrer Herkunft (Petri-Netz-Theorie) eine *Modellierung auf einer gut fundierten theoretischen Grundlage*, die über ihre *grafische Notation* anschauliche, d.h. transparente Modelle, flexible Modelle (z.B. nichtlineare Funktionen für Transitionspezifikationen), erweiterbare Modelle, die schrittweise aufgebaut werden können (Verfeinerung/ Vergrößerung von Transistionen) liefern.

In die Methode der Stoffstromnetze gehen Ansätze aus verschiedenen Fachdisziplinen ein: Die Beschreibung der einzelnen Transformations- oder Produktionsprozesse ist vorrangig eine natur- und ingenieurwissenschaftliche Aufgabe und bedient sich mathematischer Formalismen. Das Vorgehen bei der mengenmäßigen Bilanzierung der Material- und Energieflüsse bzw. -bestände im Netz folgt dem Kalkül des betriebswirtschaftlichen Rechnungswesens und nutzt insbesondere die Möglichkeiten der Kostenarten- und Kostenstellenrechnung. Die netzmäßige Abbildung des Stoffstromsystems, seine Visualisierung und die Algorithmen zur Berechnung unbekannter Größen stammt schliesslich aus der Informatik. Insofern kann die Entwicklung der Stoffstromnetze als ein signifikanter *Beitrag der Umweltinformatik zur computergestützten Methodenentwicklung im interdisziplinären Kontext* gewertet werden.

### 2.3 Anforderungen an Softwarewerkzeuge zur Ökobilanzierung

Bei der Ökobilanzierung müssen umfangreiche betriebliche Datenbestände erfasst und verarbeitet sowie aufwendige Berechnungen durchgeführt werden, so daß entsprechende Softwaresysteme erforderlich sind. Sie müssen einer Reihe von Anforderungen genügen, damit sie den Anwendern bei der komplexen Erstellung von Ökobilanzen die nötige Hilfestellung geben können.

Softwarewerkzeuge für die Ökobilanzierung müssen zur *Reduzierung der Komplexität von Ökobilanzen* beitragen, indem sie die *Modularisierung, Hierarchisierung, Aggregation und Visualisierung* der komplexen Strukturen von Stoffstromsystemen unterstützen.

Geeignete Softwarewerkzeuge müssen über *grafische Benutzungsoberflächen* verfügen, um eine *interaktive, grafische Modellierung* zu ermöglichen. Der Fortgang der Berechnung der Stoffströme sollte am Bildschirm sichtbar sein.

Der Modellierungsaufwand für die Anwender sollte über eine Bereitstellung von *Standardprozessen* (z.B. für die Vorketten der Energieerzeugung) in Form entsprechender *Bibliotheksfunktionen* reduziert werden.

Ein *schrittweiser Modellaufbau* sollte möglich sein, indem *Teilberechnungen* mit noch unvollständig spezifizierten Netzen sowie *Konsistenzprüfungen* während der Berechnungen zur Aufdeckung von Widersprüchen in den Zahlenangaben angeboten werden.

Schließlich sollten wegen des hohen Datenbedarfs *Importschnittstellen* für externe betriebliche Datenbestände (z.B. aus betrieblicher Standardsoftware wie *SAP R/3*) bzw. *Exportschnittstellen* zur externen Weiterverarbeitung mit Standardauswertungssoftware (z.B. *Excel*) verfügbar sein.

Für die *Umweltinformatik* stellt sich hier die *Aufgabe der Entwicklung von adäquaten, leistungsfähigen, rechnergestützten Werkzeugen* zur Ökobilanzierung, die hinreichend benutzergerecht, anwendungsorientiert, flexibel, anpaßbar und erweiterbar sind, die einen möglichst hohen Grad an Allgemeingültigkeit und Übertragbarkeit besitzen, die Transparenz und Verständlichkeit der Modelle fördern, sowie wohl fundierte Modellierungsmethoden unterstützen. Sie kann somit einen substantiellen Beitrag zur *Qualitätsverbesserung der Modellbildung* auf dem Gebiet der Ökobilanzierung leisten.

## 2.4 Ein Modellierungswerkzeug zur Ökobilanzierung auf der Basis der Stoffstromnetze

Mit Förderung eines europäischen Industrieverbandes wurde 1993/94 in Kooperation des Hamburger Fachbereichs Informatik, Arbeitsbereich Angewandte und Sozialorientierte Informatik mit einer eigens gegründeten Umweltsoftwarefirma (ifu- Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH) und einem Umweltberatungsunternehmen (ifeu- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg) eine erste Version einer Ökobilanzsoftware unter dem Namen *Umberto*® (anfangs *Econet*) entwickelt, die den o.g. Anforderungen genügt und eine Softwareunterstützung für die Hauptaufgaben der Ökobilanzierung anbietet.

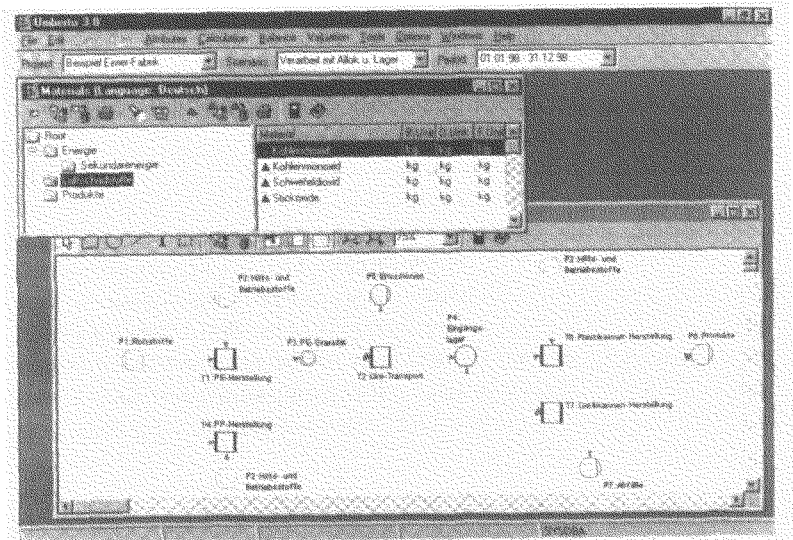
Die Software *Umberto*® ermöglicht die *grafische Modellierung von Stoffströmen* in einem betrachteten (Teil-) System, *berechnet unbekannte Stoff- und Energieflüsse* und Bestände, bereitet *Sachbilanzen* auf und gibt sie aus, und stellt *Bewertungsfunktionen* mit verschiedenen Bewertungsverfahren zur Verfügung.

Die grafische Modellierung der Stoffströme erfolgt, indem die Stoffstrom-Netzstruktur mithilfe eines *grafischen Editors* direkt interaktiv am Bildschirm erstellt wird. Es werden alle Netzknoten und Verbindungen Schritt für Schritt spezifiziert und bestimmte Parameterwerte numerisch angegeben. In entsprechenden Fenstern können bestimmte (ansonsten implizite) Modellierungsannahmen dokumentiert werden, wodurch die Modelltransparenz für die Modellanwender sichergestellt werden kann. Die *Transitionspezifikationen* dienen der Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Input- und Outputströmen von Umwandlungsprozessen, die linearer oder nichtlinearer Art sein können. Zur Eingabe (im Rahmen der Lösbarkeit) weitgehend beliebiger mathematischer Funktionen zur Bestimmung unbekannter Stoffströme aus bekannten steht ein *Formeleditor* zur Verfügung.

Die im Stoffstromnetz fließenden Materialien bzw. Energien werden über eine *hierarchisch strukturierte Materialliste* einschließlich ihrer physikalischen Einheiten definiert.

Ein Beispiel für ein Stoffstromnetz in *Umberto*® mit dem zugehörigen Materialbaum befindet sich in Abbildung 5. Die fett umrandeten Kästen entsprechen Transitionen höherer Ebene, die aus Subnetzen bestehen.

**Abbildung 5: Beispiel für ein Stoffstromnetz in Umberto (mit Materialbaum)**



Die Ökobilanzsoftware *Umberto*® stellt *vorgefertigte Netzmodule in entsprechenden Bibliotheken* zur Verfügung, die zur Erleichterung der Modellierung als Standardkomponenten in benutzerpezifische Netze eingefügt werden. So können Anwender häufig benötigte Prozesse (z.B. Transporte, Abfallbehandlung, s.o.) mit verallgemeinerten Daten nutzen, um gängige Vor- und Nachketten ohne zusätzlichen Aufwand bei der Modellierung einzubeziehen. Die Benutzerunterstützung kann sogar soweit gehen, daß vollständige branchenspezifische Referenzmodelle angeboten werden (z.B. für Handelsunternehmen, vgl. Möller (1997)).

Über eine *Szenarienverwaltung* wird die Modellierung alternativer Strukturen bzw. Stoffstromnetze sowie deren vergleichende Analyse (Soll-/ Ist-Vergleich) ermöglicht, um umweltrelevante Verbesserungen von Prozessen bzw. Produkten herzuleiten.

Die Ökobilanzsoftware *Umberto*® bietet vielfältige *Auswertungs- und Präsentationsfunktionen* sowie *Schnittstellen zur externen Weiterverarbeitung*. Bei der Erstellung der Sachbilanz ist die Wahl beliebiger *Netzausschnitte für die Bilanzierung möglich, und es steht ein breites Spektrum von Darstellungsarten zur Visualisierung* ausgewählter Bilanzwerte in Diagrammform bereit.

Die Erstellung von Wirkungsbilanzen wird durch die Bereitstellung von Bewertungsmethoden unterstützt, indem zusätzliche Bewertungen der Sachbilanzergebnisse vorgesehen sind. Es kommen gängige Bewertungsmethoden (z.B. UBA-Methode oder Schweizer Ökopunkte) zum Einsatz; interessanter ist jedoch die Möglichkeit, mittels eines Valuation System Monitors eigene Kennzahlensysteme zu definieren. Dadurch werden vergleichende Bewertungen mit verschiedenen gängigen Verfahren bzw. mit individuellen Bewertungsansätzen ermöglicht, was zu einer verbesserten Akzeptanz der (häufig wegen der hohen Subjektivität kritisierten) Bewertungsergebnisse im Rahmen von Ökobilanzen bei den Benutzern führen sollte.

### 3. Bewertung

Die Ökobilanzsoftware *Umberto*® stellt ein leistungsfähiges Softwarewerkzeug für das Stoffstrommanagement auf solider methodischer Basis dar, das weitgehend die im Abschnitt 2.3 formulierten Anforderungen erfüllt. Die zugrundeliegende Methode der Stoffstromnetze ermöglicht einen schrittweisen Modellaufbau, wie er bei der komplexen Systemstruktur und Datenlage in der betrieblichen Umweltschutzpraxis zwingend erforderlich ist, und liefert weitgehend transparente und konsistente Netzmodelle. Der Bibliotheksansatz für Transitionen bildet die Grundlage für die Wiederverwendbarkeit einmal erstellter Umwandlungsprozesse bis hin zur Bereitstellung ganzer Referenzmodelle.

Über eine enge Kooperation mit der universitären Hamburger Arbeitsgruppe zur Umweltinformatik ist eine fortlaufende konzeptionelle Weiterentwicklung auf wissenschaftlicher Ebene sichergestellt. Aktuelle Arbeitsthemen sind z.Zt. die Einführung einer Umweltkostenrechnung (vgl. A. Möller (1998)) sowie die Kopplung dynamischer Simulationsmodelle an Transitionen, die mit entsprechenden Promotionsvorhaben verbunden sind. Die praxismgerechte Weiterentwicklung der Software *Umberto*® erfolgt in enger interdisziplinärer Zusammenarbeit mit dem beteiligten Umweltberatungsunternehmen, das laufend seine Anforderungen aus Anwendersicht bzw. Ökobilanzierungspraxis einbringt.

Insgesamt gesehen kann die Entwicklung der Stoffstromnetze und der zugehörigen Ökobilanzsoftware *Umberto*® als ein Beispiel für einen gelungenen Technologietransfer eingestuft werden. Der Ideenentwicklung in einer universitären Arbeitsgruppe zur Angewandten Informatik folgte die Gründung eines Softwareunternehmens mit weiterhin engen Beziehungen zur Universität. Mit staatlicher Unterstützung (Hamburger Wirtschaftsförderung und Technologiestiftung) konnte ein marktfähiges Produkt entwickelt werden, das nunmehr in der Version *Umberto*® 3.1 bereits bei zahlreichen industriellen Kunden im Einsatz ist und sich eine gute Position auf dem speziellen Markt der Ökobilanzsoftware erworben hat.

Aus Sicht der Umweltinformatik zeigt das vorliegende FuE-Projekt, dass diese imstande ist, nicht nur leistungsfähige (d.h. benutzerge-rechte, flexible und transparente) Softwarewerkzeuge für die Anwender im Umweltbereich bereitzustellen, sondern auch Beiträge zur rechnergestützten Methodenentwicklung im interdisziplinären Kontext zu leisten.

## Literaturhinweise

- Avouris, N., Page, B. (Eds.): *Environmental Informatics – Methodology and Applications for Environmental Information Processing*. Kluwer Academic, 1995.
- Cumberow, R., Page, B.: Entwurf und Realisierung einer elektronischen Biblio-graphie der Umweltinformatik. In: W.-F. Riekert, K. Tochtermann, *Hypermedia im Umweltschutz*, Proc. 1. Workshop, Ulm 1998, *Umweltinformatik aktuell*, Bd. 17, Metropolis, Marburg 1998, S. 175-180.
- Die Zeit, Stoffströme in Petrinetzen , Nr. 33, 12. August 1994, S. 26.
- Möller, A., Häuslein, A., Rolf, A.: *Öko-Controlling in Handelsunternehmen. Ein Leitfaden für das Stoffstrommanagement*. Springer, Berlin 1997, Kap. 2, Theoretische Grundlagen des Stoffstrommanagements, S. 29-43.
- Möller, A., Schmidt, M., Rolf, A.: *Ökobilanzen und Kostenrechnung von Produkten*. In: H.-D. Haasis, K.C. Ranze (Hrsg.), *Umweltinformatik '98'*, Proc. 12. Internationales Symposium „Informatik für den Umweltschutz“ der GI, Bremen 1998, *Umweltinformatik aktuell*, Bd. 18, Metropolis, Marburg 1998, S. 165-178.
- Page, B. (Hrsg.): *Informatik im Umweltschutz – Anwendungen und Perspektiven*. Oldenbourg-Verlag, München-Wien 1986.
- Page, B., Hilty, L. (Hrsg.): *Umweltinformatik. Informatikmethoden für Umweltschutz und Umweltforschung*. Handbuch der Informatik, Oldenbourg-Verlag, 2. überarb. Auflage, 1995.
- Page, B.: *Environmental Informatics – Towards a new Discipline in Applied Computer Science for Environmental Protection and Research*. In: R. Denzer, G. Schimak, D. Russel (Eds), *Environmental Software Systems*. Proc. of the International Symposium on Environmental Software Systems, Penn StateUniversity, Malvern, May 1996, Chapman&Hall, London 1996, S. 3-22.
- Schmidt, M.: *Stoffstromnetze zwischen produktbezogener und betrieblicher Ökobilanzierung*. In: M. Schmidt, A. Häuslein, *Ökobilanzierung mit Computerunterstützung*. Springer, Berlin 1997, S. 11-24.
- Wohlgemuth, V., Page, B., et.al.: *Computer-based support for LCA's and company ecobalances using Material Flow Networks*. In: K. Alef, et.al. (Hrsg.), *Information and Communication in Environmental and Health Issues*. Proc. ECO-INFORMA '97, München 1997, Eco-Informa Press, Bayreuth 1997, Vol. 12, S. 179-191.



# Doppelhelix: Die Symbiose von Financial Engineering und Informationstechnologie

Dr. Matthias Leclerc

## 1. Die Doppelhelix

Die Entwicklung von Financial Engineering und Informations-Technologie (IT) in den vergangenen etwa fünfzehn Jahren war geprägt durch laufende gegenseitige Anstöße zur Weiterentwicklung.



Beide Seiten waren Impulsgeber für die andere:

- Das Entstehen global verfügbarer Kommunikationsnetze zur Verteilung von Echtzeitinformationen führt zur schrittweisen Eliminierung von Intra-Market-Arbitrage, d.h. der Ausnutzung von Preisdifferenzen innerhalb eines Marktes, die durch unvollständige Informationen in diesem Markt zustande kommen.

- Der Verlust leichter Verdienstmöglichkeit führt dazu, daß die Finanzmärkte nach komplexeren Ungleichgewichten bzw. Risikostrukturen Ausschau halten. Hierzu ist es hilfreich, Preise nicht nur auf dem Bildschirm als feste Seite zu erhalten, sondern in verarbeitbarer Form hochgranular.
- Sobald diese Möglichkeit vorlag, war man in der Lage, komplexe Produkte zu konstruieren. Ein wesentlicher Schritt war hier die Trennung und Isolation von Risikokomponenten und Derivaten.
- Mit den Derivaten kam eine sehr starke Individualisierung des Kapitalmarktgeschäfts, die es notwendig machte, Adhoc-Modelle zu bauen. Financial Engineers zählten daher zu den ersten professionellen Anwendern von Tabellenkalkulationsprogrammen.
- Die zunehmende Derivatisierung und das steigende Handelsvolumen dieser Produkte führte im Regelfall zur Erhöhung der Effizienz der Kapitalmärkte und somit auch zum Verlust von Inter-Market-Arbitrage, d.h. dem Ausnutzen von Ungleichgewichten zwischen unterschiedlichen Märkten.
- Die Helix dreht sich weiter: die Produkte und die beherrschten Risiken werden immer komplexer, die Modelle immer präziser aber auch komplizierter. Die Ansprüche an die benutzte Technik steigt; inzwischen werden Internet-Technologien und Multimedia eingesetzt, Risikopositionen an weltweit verteilten Standorten zu einer zusammengefaßt.
- Die Schraube ließe sich nahezu beliebig weiterdrehen. Im Sommer 98 geschahen allerdings Dinge, die zu einer Neuorientierung und Repositionieren vieler Financial Engineers und IT-Strategien Anlaß gaben.

## 2. Das neue Marktszenario

Im August 98 führte, nachdem die Finanzmärkte durch die laufenden Krisen in Südostasien und Japan bereits schwere Zeiten durchlaufen hatten, eine Schuldenkrise Rußlands zur Panikstimmung. Innerhalb

weniger Wochen kollabierten genau die beiden Hedge-Funds, die bis dato als Inbegriff der Symbiose von Financial Engineering und IT galten: Long Term Capital Management (LTCM), der Fonds, der zwei Nobelpreisträger in der Geschäftsführung hat und D.E. Shaw, gegründet von Professor David Shaw, ebenfalls ein fast ausschließlich auf quantitativen Modellen basierender Fonds. Warum hat es gerade diese beiden getroffen und was bedeutet das für die Doppelhelix?

Im Jahre 98 wurden drei Annahmen, die in den letzten Jahren von den Finanzmärkten mehr oder weniger kritiklos als Axiome angenommen wurden, in Frage gestellt:

- Die Annahme schier unbegrenzter Liquidität; d.h. das für ein Produkt immer ein Käufer (oder Verkäufer) existiert, der dieses Produkt zu einem stabilen Marktpreis kauft oder verkauft. Diese Annahme hat dazu geführt, daß viele Marktteilnehmer gigantische Positionen in bestimmten Produkten aufgebaut haben, die – falls sie schnell aufgelöst werden müßten – zu starken Marktverwerfungen führen würden.
- Die zweite Annahme war, daß sich Risiken beliebig präzise neutralisieren – „hedgen“ – lassen. Diese Annahme geht davon aus, daß historische Korrelationen zwischen Risikofaktoren stabil bleiben, bzw. nach kleinen Abweichungen wieder in ein Gleichgewicht zurückkehren.
- Die dritte Annahme war, plakativ ausgedrückt, daß Kreditrisiko keine reale Gefahr, sondern eher eine theoretische Größe ist. Die Möglichkeit, daß Emittenten von Wertpapieren ihre Schulden nicht zurückzahlen oder Zinszahlungen nicht erfüllen wurde als wenig wahrscheinlich angenommen. Dies spiegelte sich darin, daß die Preisdifferenzen zwischen Papieren erstklassiger Schuldner und denen schlechterer Bonität unverhältnismäßig gering waren.

## Liquidität

Im Gegensatz zu Marktrisiken befinden sich Ansätze zur Modellierung von Liquiditätsrisiken noch in den ersten Entwicklungsstadien. Der Grund liegt insbesondere darin, daß hier die gesamte Marktverfassung

zu modellieren ist. Ein sehr interessanter (noch theoretischer) Ansatz macht sich die Erkenntnisse der Magnetismustheorie zunutze: Erhitzt man einen Magneten stark genug, so schwingen die Teilchen probabilistisch in verschiedene Richtungen, bei Erkalten richten sie sich in eine Richtung aus. Dies ist analog zu den Geschehnissen auf den Kapitalmärkten.

Ein weiterer Ansatz bestünde darin, Erkenntnisse der Spieltheorie nutzbar zu machen. Bis dahin bleibt den Banken nicht viel mehr, als Volumengrenzen für bestimmte Klassen von Aktiva einzuführen. Eine unbefriedigende Situation, insbesondere als unbegrenzte Liquidität auch als Annahme in die gängigen Value-at-Risk-Modelle einfließt.

## Hedging

Die gängigen Verfahren zur Bestimmung von Marktrisiken gehen von historischen Korrelationen aus. Es ist offensichtlich, daß diese nicht immer – insbesondere nicht in Krisenzeiten – gelten müssen. Die meisten korrelations-basierten Modelle haben eine starke Tendenz zur Gleichnamigmachung von Risiken. Bei dieser Operation geht aber sehr viel Information verloren. Gerade in einem zunehmend komplexen Risikoumfeld ist daher eher eine starke Differenzierung denn die Vereinheitlichung von Risikofaktoren anzustreben. Hier werden Verfahren der grafischen Datenverarbeitung stärker einzusetzen sein.

## Kreditrisiko

Die im Rahmen des Handels von Derivaten und anderen Handelsprodukten eingegangenen Kreditrisiken sind bereits schon vor der Krise im Sommer 98 als ernsthaftes Problem erkannt worden. Insbesondere wurde deutlich, daß die marktgängigen Verfahren, nämlich die Berechnung des Mark-to-Market-Wertes plus eines sogenannten Add-Ons zur Erfassung potentieller Marktschwankungen die tatsächlichen Risiken überzeichnet und daher nicht präzise genug abbildet. Zu einer wirkungsvollen, aktiven Steuerung der Kreditrisiken müssen stärker quantitative Verfahren eingesetzt werden, die besonders bei What-If-Szenarien eine hohe Rechnerleistung erfordern.

Die Quantifizierung von Kreditrisiken ist bedeutend härter als die von Marktrisiken:

- es gehen deutlich mehr und unterschiedliche Risikofaktoren in die Berechnung mit ein,
- im Gegensatz zu Marktrisiko-Berechnungen reicht hier die Ermittlung des Mark-to-Market nicht aus, sondern hier ist sogar ein „Mark-to-the-Future,,“, das heißt die Ermittlung einer „Mark-to-Market-Kurve,, über die Restlaufzeit des Portfolios notwendig.
- Im Kreditrisikomanagement ist unbedingte Vollständigkeit notwendig. Auch hier unterscheidet sich dieser Bereich vom Marktrisiko-Management, wo ohnehin unter probabilistischen Annahmen operiert wird.

Die Verfügbarkeit von Kreditderivaten erweitert das Spektrum der Möglichkeiten zur aktiven Portfoliosteuerung. Andererseits wird durch diese Instrumente auch eine neue, ebenfalls zu beherrschende Risikokategorie eingeführt.

### 3. Kreditrisikosysteme

Die Implementierung effizienter Kreditrisikosysteme ist die nächste große Herausforderung im Bereich der Schnittstelle zwischen Financial Engineering und Informationstechnologie. Wir unterscheiden zwei Stufen des Kreditrisikos:

- Kontrahenten-/Kontrahentengruppenbezogen
- Gesamtportfoliobezogen.

Im ersten Fall ist es zunächst nicht notwendig Daten zur Bonität des Kontrahenten in die Quantifizierung einzubeziehen. Die Rechnung ergibt einen Wert für das Risiko mit einem gegebenen Kontrahenten. Die kreditverantwortliche Stelle muß dann beurteilen, ob die Bonität des Kontrahenten die Risikosituation erlaubt.

Gesamtportfoliobezogene Risikomodelle beziehen Bonitätsbetrachtungen mit ein. Durch Korrelationseffekte ergibt sich für das Risiko der Summe aller Kontrahenten ein anderer Wert als für die Summe aller Kontrahentenrisiken. Credit-VaR-Modelle sind derzeit im Entstehen und finden zunehmend Akzeptanz. Allerdings wird der entscheidende Durchbruch erst mit einer aufsichtsrechtlichen Anerkennung zur Ermittlung der Kapitalbelastung der Banken kommen.

Wir konzentrieren uns daher im folgenden auf kontrahenten-bezogene Systeme. Schon diese Systeme sind informationstechnisch sehr schwer darstellbar. Für alle drei Hauptkomponenten ist höchste Leistungsfähigkeit zu fordern:

- das Netz muß alle Standorte einer Bank (an denen Handelsgeschäft betrieben wird) online miteinander verbinden. Hier ist neben der Bandbreite auch Ausfallsicherheit wichtig, was in einigen Teilen der Erde noch immer keine Selbstverständlichkeit ist.
- Die Datenbank muß alle Geschäfte und Limite schnell zugreifbar abspeichern. Wegen der besseren Abbildung von Derivaten als Objekte sollte sie in der Lage sein, auch Objekte sinnvoll handhaben können. Das Datenmodell ist darüberhinaus recht komplex, da vollständige Konzernhierarchien (mit Tochtergesellschaften, Beteiligungen, etc.) abzubilden sind.
- Die Engine berechnet die Kreditrisiken. Dies geschieht derzeit meist über Monte-Carlo-Simulation. Die Engine muß schnell genug sein, bei Eingabe eines Geschäfts das neue Exposure zu quantifizieren.

Ein Kreditrisikosystem nutzt viele Dienste, die bereits in anderen Systemen in der Bank realisiert sind. Dazu gehören:

- Bewertung von Einzelgeschäften
- Sensitivitäten von Einzelgeschäften
- Informationen zur vertraglichen Grundlage der Geschäfte
- Verfahren zur gegenseitigen Verrechnung („Netting“) von Geschäften

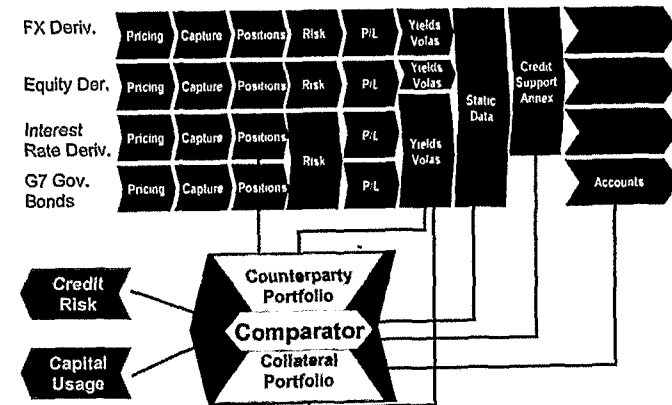
- Dienste zur Verwaltung von Sicherheiten, die zur Reduzierung von Kreditrisiken gestellt werden
- Funktionen zur Berechnung bzw. Simulation des Gesamt-Exposures.
- Programme, die vorgegebenen Limiten deren entsprechende Ausnutzungen gegenüberstellen
- Kommunikationssysteme zur Erfassung von Geschäften und zur Verteilung von Ausnutzungsgraden

Diese Einzeldienste werden zur Realisierung sehr komplexer Kreditrisikoquantifizierungen eingesetzt.

Zur Realisierung dieses Zusammenspiels von verschiedenen Diensten bieten sich CORBA-basierte Verfahren an. Kern ist eine darstellungsneutrale Zwischenschicht zwischen den Anwendungsdiensten und der CORBA-Plattform – die sogenannte Dealtypeschicht. Zur Realisierung von Persistenz werden objektorientierte Datenbanken eingesetzt. Zur Verteilung der Dienste und der Ergebnisse werden Internet-/Java-basierte Verfahren eingesetzt. Zur Illustration sei auf ein sogenanntes Collateral Management-System näher eingegangen.

Beim Collateral Management werden Staatsanleihen als Sicherheiten dem Kreditrisiko aus Derivatgeschäften gegenübergestellt. Kernstück eines Collateral Management-Systems ist der sogenannte Comparator. Der Comparator ermittelt das Kreditrisiko für den betrachteten Kontrahenten und berechnet daraus den erforderlichen Sicherheitenbestand. Die Bewertung der vorhandenen Sicherheit ergibt den zurückgebenden, bzw. einzufordernden Sicherheitenbetrag. Da diese Operationen im Regelfall täglich durchzuführen sind und tausende Bewertungen durchzuführen sind, ist ein hocheffizientes, integriertes System zu implementieren. Für diese Bewertungen wird auf Bewertungsfunktionen und Referenzkurse der Handelssysteme über CORBA-Funktionen zugegriffen. Gleiches gilt für Stammdaten, wie Kundenreferenzen.

## Beispiel: Sicherheitenverwaltung



Wertpapierstammdaten, die zu einem großen Teil primär aus den Handelssystemen heraus verwaltet werden – auch auf sie wird, wie auf Vertragseinzelheiten – über CORBA-Dienste zugegriffen. Schwieriger ist der transparente Zugang zu allen Konten, die Sicherheiten des betrachteten Kontrahenten enthalten. Diese Konten werden durch die großrechnerbasierten Abwicklungsprogramme verwaltet. Hierfür sind CORBA-Adapter zu entwickeln, um in der Gesamtarchitektur konsistent zu bleiben.

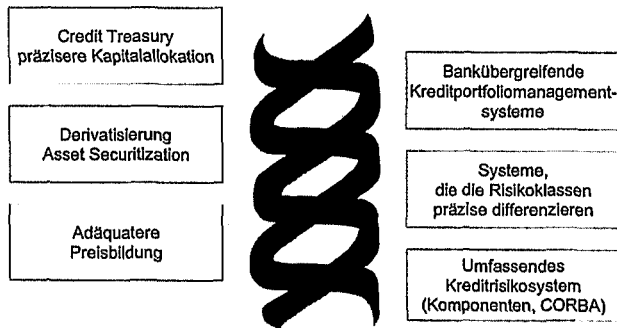
Der Comparator selbst ist ein Dienst, der von anderen Applikationen (z.B. Gesamtkreditrisiko, Berechnungen zur Kapitalanspruchnahme) genutzt werden kann. Er stellt also selbst eine nutzbare Komponente dar.

### 4. Die nächsten Schrauben

Die Ausführungen oben zeigen, daß die wechselseitige Weiterentwicklung von Financial Engineering und Informationstechnologie weitergehen wird. Der Anwendungsbereich wird im Gegenteil noch breiter werden. Lag bislang der Fokus im wesentlichen auf der Beherrschung von Marktrisiken und der Generierung von Gewinnen aus Ungleich-

gewichte der Märkte, so werden zukünftig weiterer Risikoklassen zu erfassen sein.

### Die nächsten Helix-Schrauben



Ein wesentlicher weiterer Schritt wird die Implementierung umfassender Kreditrisikosysteme sein. Das wiederum wird dazu führen, daß die kalkulatorischen Kreditkosten präziser ermittelt werden können, was wiederum zu einer besseren Preisbildung führen wird. Systeme, die für Handelsprodukte quantifizieren werden zu einer hohen Preistransparenz und adäquaten Reservebildungen führen. Differenzierte Risikoquantifizierungen wiederum sind die Grundlage für Derivate, die genau die betreffende Risikokomponente isolieren und handelbar machen. Zusammen mit bankweiten produktübergreifenden Kreditportfoliomangementssystemen wird somit die Basis geschaffen, das Kapital der Bank sehr genau den profitabelsten Geschäftsaktivitäten zuzuordnen.

## Die Mitglieder des Instituts für Interdisziplinäre Informatik der Universität Augsburg

### Leitung:

Geschäftsführender Direktor:

Prof. Dr. Klaus Mainzer

Tel.: +49/0821/598-5568

e-mail: Klaus.Mainzer@phil.Uni-Augsburg.DE

Stellvertretender geschäftsführender Direktor:

Prof. Dr. Werner Kießling

Tel.: +49/0821/598-2134

e-mail: Werner.Kiessling@Informatik.Uni-Augsburg.DE

### Mitglieder des Leitungsgremiums:

Prof. Dr. Günter Bamberg

Lehrstuhl für Statistik mit den Studienschwerpunkten Unternehmensforschung und Mathematische Verfahren der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Tel.: +49/0821/598-4151

e-mail: Guenter.Bamberg@Wiso.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit dem Studienschwerpunkt Wirtschaftsinformatik

Tel.: +49/0821/598-4140

e-mail: Hans-Ulrich.Buhl@Wiso.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Bernhard Fleischmann  
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit dem Schwerpunkt  
Produktion und Logistik  
Tel.: +49/0821/598-4044  
e-mail: Bernhard.Fleischmann@Wiso.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Helmut Giegler  
Lehrstuhl für Soziologie und empirische Sozialforschung mit dem  
Schwerpunkt Empirische Soziologie  
Tel.: +49/0821/598-4095  
e-mail: Helmut.Giegler@Wiso.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Peter Hänggi  
Lehrstuhl für Theoretische Physik I  
Tel.: +49/0821/598-3249 u. 3250  
e-mail: Peter.Hanggi@Physik.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Horst Hanusch  
Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre mit den Studienschwerpunkten  
Innovationsökonomik und Öffentliche Wirtschaft  
Tel.: +49/0821/598-4178 u. 4179  
e-mail: Horst.Hanusch@wiso.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Wolff Heitschel von Heinegg  
Professor für Öffentliches Recht  
Tel.: +49/0821/598-4600  
e-mail: Wolff.Heitschel-von-Heinegg@Jura.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Ronald H. W. Hoppe  
Lehrstuhl für Angewandte Analysis mit dem Schwerpunkt  
Numerische Mathematik  
Tel.: +49/0821/598-2192  
e-mail: Ronald.Hoppe@Math.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Dieter Jungnickel  
Lehrstuhl für Diskrete Mathematik, Optimierung und Operations  
Research  
Tel.: +49/0821/598-2214  
e-mail: Dieter.Jungnickel@Math.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Klaus Kienzler  
Lehrstuhl für Fundamentaltheologie  
Tel.: +49/0821/598-2639  
e-mail: Klaus.Kienzler@KTHF.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Werner Kießling  
Lehrstuhl für Praktische Informatik II (Datenbanken und  
Informationssysteme)  
Tel.: +49/0821/598-2134  
e-mail: Werner.Kiessling@Informatik.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Klaus Mainzer  
Lehrstuhl für Philosophie und Wissenschaftstheorie  
Tel.: +49/0821/598-5568  
e-mail: Klaus.Mainzer@phil.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Bernhard Möller  
Professor für Informatik  
Tel.: +49/0821/598-2164  
e-mail: Bernhard.Moeller@Informatik.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Otto Opitz  
Lehrstuhl für Mathematische Methoden der Wirtschaftswissenschaften  
mit den Schwerpunkten Unternehmensforschung und Mathematische  
Verfahren der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften  
Tel.: +49/0821/598-4150  
e-mail: Otto.Opitz@Wiso.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Friedrich Pukelsheim  
Lehrstuhl für Stochastik und ihre Anwendungen  
Tel.: +49/0821/598-2206  
e-mail: Friedrich.Pukelsheim@Math.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Hans-Joachim Töpfer  
Lehrstuhl für Praktische Informatik I  
Tel.: +49/0821/598-2172  
e-mail: Hans-Joachim.Toepfer@Informatik.Uni-Augsburg.DE

Prof. Antony Unwin, Ph. D.  
Lehrstuhl für Rechnerorientierte Statistik und Datenanalyse  
Tel.: +49/0821/598-2218  
e-mail: Antony.Unwin@Math.Uni-Augsburg.DE

Prof. Dr. Walter Vogler  
Professor für Theoretische Informatik  
Tel.: +49/0821/598-2120  
e-mail: Walter.Vogler@Info

## Augsburger Universitätsreden

### Gesamtverzeichnis

#### Heft 1

Helmuth Kittel: 50 Jahre Religionspädagogik – Erlebnisse und Erfahrungen. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Philosophische Fakultät I am 22. Juni 1983, Augsburg 1983

#### Heft 2

Helmut Zeddies: Luther, Staat und Kirche. Das Lutherjahr 1983 in der DDR, Augsburg 1984

#### Heft 3

Hochschulpolitik und Wissenschaftskonzeption bei der Gründung der Universität Augsburg. Ansprachen anlässlich der Feier des 65. Geburtstages des Augsburger Gründungspräsidenten Prof. Dr. Louis Perridon am 25. Januar 1984, Augsburg 1984

#### Heft 4

Bruno Bushart: Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Philosophische Fakultät II am 7. Dezember 1983, Augsburg 1985

#### Heft 5

Ruggero J. Aldisert: Grenzlinien: Die Schranken zulässiger richterlicher Rechtschöpfung in Amerika. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Juristische Fakultät am 7. November 1984, Augsburg 1985

#### Heft 6

Kanada-Studien in Augsburg. Vorträge und Ansprachen anlässlich der Eröffnung des Instituts für Kanada-Studien am 4. Dezember 1985, Augsburg 1986

#### Heft 7

Theodor Eschenburg: Anfänge der Politikwissenschaft und des Schulfaches Politik in Deutschland seit 1945. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Philosophische Fakultät I am 16. Juli 1985, Augsburg 1986

Heft 8

Lothar Collatz: Geometrische Ornamente. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Naturwissenschaftliche Fakultät am 12. November 1985, Augsburg 1986

Heft 9

in memoriam Jürgen Schäfer. Ansprachen anlässlich der Trauerfeier für Prof. Dr. Jürgen Schäfer am 4. Juni 1986, Augsburg 1986

Heft 10

Franz Klein: Unstetes Steuerrecht - Unternehmerdisposition im Spannungsfeld von Gesetzgebung, Verwaltung und Rechtsprechung. Vortrag und Ansprachen anlässlich des Besuchs des Präsidenten des Bundesfinanzhofs am 9. Dezember 1985, Augsburg 1987

Heft 11

Paul Raabe: Die Bibliothek und die alten Bücher. Über das Erhalten, Erschließen und Erforschen historischer Bestände, Augsburg 1988

Heft 12

Hans Maier: Vertrauen als politische Kategorie. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Phil. Fakultät I am 7. Juni 1988, Augsburg 1988

Heft 13

Walther L. Bernecker: Schmuggel. Illegale Handelspraktiken im Mexiko des 19. Jahrhunderts. Festvortrag anlässlich der zweiten Verleihung des Augsburger Universitätspreises für Spanien- und Lateinamerika-Studien am 17. Mai 1988, Augsburg 1988

Heft 14

Karl Böck: Die Änderung des Bayerischen Konkordats von 1968. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Katholisch-Theologische Fakultät am 17. Februar 1989, Augsburg 1989

Heft 15

Hans Vilmar Geppert: "Perfect Perfect". Das kodierte Kind in Werbung und Kurzgeschichte. Vortrag anlässlich des Augsburger Mansfield-Symposiums im Juni 1988 zum 100. Geburtstag von Katherine Mansfield, Augsburg 1989

Heft 16

Jean-Marie Cardinal Lustiger: Die Neuheit Christi und die Postmoderne. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Katholisch-Theologische Fakultät am 17. November 1989, Augsburg 1990

Heft 17

Klaus Mainzer: Aufgaben und Ziele der Wissenschaftsphilosophie. Vortrag anlässlich der Eröffnung des Instituts für Philosophie am 20. November 1989, Augsburg 1990

Heft 18

Georges-Henri Soutou: Deutsche Einheit – Europäische Einigung. Französische Perspektiven. Festvortrag anlässlich der 20-Jahr-Feier der Universität am 20. Juli 1990, Augsburg 1990

Heft 19

Josef Becker: Deutsche Wege zur nationalen Einheit. Historisch-politische Überlegungen zum 3. Oktober 1990, Augsburg 1990

Heft 20

Louis Carlen: Kaspar Jodok von Stockalper. Großunternehmer im 17. Jhd. Augsburg 1991

Heft 21

Mircea Dinescu – Lyrik, Revolution und das neue Europa. Ansprachen und Texte anlässlich der Verleihung der Akademischen Ehrenbürgerwürde der Universität Augsburg, hg. v. Ioan Constantinescu und Henning Krauß, Augsburg 1991

Heft 22

M. Immolata Wetter: Maria Ward – Mißverständnisse und Klärung. Vortrag anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Katholisch-Theologische Fakultät am 19. Februar 1993, Augsburg 1993

Heft 23

Wirtschaft in Wissenschaft und Literatur. Drei Perspektiven aus historischer und literaturwissenschaftlicher Sicht von Johannes Burkhardt, Helmut Koopmann und Henning Krauß, Augsburg 1993



#### Heft 24

Walther Busse von Colbe: Managementkontrolle durch Rechnungslegungspflichten. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät am 12. Januar 1994, Augsburg 1994

#### Heft 25

John G. H. Halstead: Kanadas Rolle in einer sich wandelnden Welt. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Philosophische Fakultät I am 22. Februar 1994, Augsburg 1994

#### Heft 26

Christian Virchow: Medizinhistorisches um den „Zauberberg“. „Das gläserne Angebinde“ und ein pneumologisches Nachspiel. Gastvortrag an der Universität Augsburg am 22. Juni 1992, Augsburg 1995

#### Heft 27

Jürgen Mittelstraß/Tilman Steiner: Wissenschaft verstehen. Ein Dialog in der Reihe "Forum Wissenschaft" am 8. Februar 1996 an der Universität Augsburg, Augsburg 1996

#### Heft 28

Jochen Brüning: Wissenschaft und Öffentlichkeit. Festvortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrensensorenwürde der Universität Augsburg an Ministerialdirigenten a. D. Dietrich Bächler im Rahmen der Eröffnung der Tage der Forschung am 20. November 1995, Augsburg 1996

#### Heft 29

Harald Weinrich: Ehrensache Höflichkeit. Vortrag anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde der Phil. Fakultät II der Universität Augsburg am 11. Mai 1995, Augsburg 1996

#### Heft 30

Leben und Werk von Friedrich G. Friedmann: Drei Vorträge von Prof. Dr. Manfred Hinz, Herbert Ammon und Dr. Adam Zak SJ im Rahmen eines Symposiums der Jüdischen Kulturwochen 1995 am 16. November 1995 an der Universität Augsburg, Augsburg 1997

#### Heft 31

Erhard Blum: Der Lehrer im Judentum. Vortrag und Ansprachen zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. Johannes Hampel bei einer Feierstunde am 12. Dezember 1995, Augsburg 1997

#### Heft 32

Haruo Nishihara: Die Idee des Lebens im japanischen Strafrechtsdenken. Vortrag und Ansprachen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Juristische Fakultät der Universität Augsburg am 2. Juli 1996, Augsburg 1997

#### Heft 33

Informatik an der Universität Augsburg. Vorträge und Ansprachen anlässlich der Eröffnung des Instituts für Informatik am 26. November 1996, Augsburg 1998

#### Heft 34

Hans Albrecht Hartmann: „... und ich lache mit – und sterbe“. Eine lyrische Hommage à Harry Heine (1797–1856). Festvortrag am Tag der Universität 1997, Augsburg 1998

#### Heft 35

Wilfried Bottke: Hochschulreform mit gutem Grund? Ein Diskussionsbeitrag, Augsburg 1998

#### Heft 36

Nationale Grenzen können niemals Grenzen der Gerechtigkeit sein. Ansprachen und Reden anlässlich der erstmaligen Verleihung des Augsburger Wissenschaftspreises für Interkulturelle Studien, Augsburg 1998

#### Heft 37

Hans Albrecht Hartmann: Wirtschaft und Werte – eine menschengeschichtliche Mésalliance. Festvortrag und Ansprachen anlässlich der Feier zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Reinhard Blum am 3. November 1998, Augsburg 1998

#### Heft 38

Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) als fachübergreifende Aufgabe. Ansprachen und Vorträge anlässlich der Eröffnung des Instituts für Interdisziplinäre Informatik am 27. November 1998, Augsburg 1999