

Umweltinformatik und Umweltforschung - in ihrer Institutionalisierung und Interdisziplinarität

„Die betriebliche Umweltinformatik ist eine junge und innovative Disziplin, die den scheinbaren Widerspruch zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen entkräftet. Sie leistet einen Beitrag zum Umweltschutz, indem sie IT-Systeme so entwickelt und einsetzt, dass von Betrieben geringstmögliche Umweltbelastungen ausgehen. Gleichzeitig wird ein effektives Umweltmanagement im Betrieb gefördert: Informationen über Prozesse werden so aufbereitet, dass Entscheidungen der Betriebsführung unter ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten getroffen werden können. Darüber hinaus unterstützt die betriebliche Umweltinformatik die Planung, Kontrolle und Steuerung betrieblicher Umweltschutzaktivitäten. Durch das Aufdecken von Energie- und Materialeinsparpotentialen können sowohl Kosten reduziert als auch natürliche Ressourcen geschont werden, so dass die betriebliche Umweltinformatik damit einen wesentlichen Beitrag zur Harmonisierung von Ökologie und Ökonomie leistet.“¹

1. Interdisziplinarität: Grunderfordernis der Umweltinformatik und Umweltforschung

These:

Die Umweltinformatik versteht sich als eine junge Angewandte Informatik, als ein Interdisziplinäres Forschungs- und Lehrgebiet. Wenn schon die Kern-Informatik selbst nicht allein als eine Strukturwissenschaft, sondern als eine komplexe Objekte (Informationssysteme) analysierende und gestaltende interdisziplinäre Wissenschaft zu verstehen ist, dann gilt dies für die Angewandte Informatik, die bei ihrer Gestaltungsaufgabe die Spezifik des jeweiligen Anwendungsbereiches zu berücksichtigen hat, umso mehr. Interdisziplinäre Forschung und Lehre hat ihre Besonderheiten und in den heutigen Hochschulen auch besondere Schwierigkeiten.

1 Bachelorstudiengang Betriebliche Umweltinformatik, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, 2009, Abrufdatum: 11.08.2010

1.1. *Die Lösung der komplexen Umweltprobleme verlangt Interdisziplinarität*

Interdisziplinarität ist eine Form der wissenschaftlichen Tätigkeit zur Lösung komplexer Probleme. Umweltprobleme sind komplexe Probleme an der Schnittstelle von ökonomischen, ökologischen und sozialen Systemen².

Das Studium der betrieblichen Umweltinformatik ist interdisziplinär angelegt. Als Angewandte Informatik vermittelt es als tägliches Handwerkszeug Kernkompetenzen in relevanten Methoden, Verfahren, Techniken und Softwarewerkzeugen der Informatik. Die Studierenden werden durch das Studium der betrieblichen Umweltinformatik befähigt, diese Methoden, Verfahren und Werkzeuge so einzusetzen, dass sie problemabhängig, das für den jeweiligen Anwendungskontext passende Instrumentarium auswählen und nutzen können. Nachhaltiges Wirtschaften von Betrieben bedeutet, dass sowohl ökonomische als auch ökologische und soziale Aspekte in den Unternehmen berücksichtigt werden. Hierzu müssen Absolventen der betrieblichen Umweltinformatik die jeweilige Fachsprache und den fachlichen Hintergrund der Anwender, Nutzer und anderer Anspruchsgruppen betrieblicher Informationssysteme verstehen und einordnen können. Daher verschafft das Studium der betrieblichen Umweltinformatik neben den Informatikkenntnissen einen Überblick über relevante Themen der Betriebswirtschaftslehre, der Umwelt- und Ingenieurwissenschaften. So können die Absolventen zum Beispiel einen betrieblichen Produktionsprozess unter betriebswirtschaftlichen Aspekten prüfen und bewerten sowie Möglichkeiten und technische Umsetzungen alternativer Produktionsprozesse unter Umweltgesichtspunkten einordnen. Aufgrund der Interdisziplinarität von Projekten auf dem Gebiet der betrieblichen Umweltinformatik bedarf es zusätzlich noch Fähigkeiten im Umgang mit interdisziplinären Projektteams, welche im Studium durch das Erlernen von sog. Soft Skills vermittelt werden.

Im ersten Studienführer für den an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin gegründeten Studiengang „Betriebliche Umweltinformatik“ hieß es: „Die besondere Stärke der Umweltinformatik liegt in ihrer Interdisziplinarität. Im Zusammenwirken von Natur-, Struktur-, und Technikwissenschaften somit Human-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften wird sie einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der globalen Herausforderung für das 21. Jahrhundert, zur nachhaltigen Entwicklung leisten können“³. Diese Feststellung lag auf der Hand, denn

- 2 Baumgärtner, S. / Becker, C., Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung. Marburg: Metropolis Verlag 2005.
- 3 Fuchs-Kittowski, K., Betriebliche Umweltproblematik - Die Harmonisierung von Ökologie und Ökonomie. Bachelor of Science. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 2006. S. 9

Umweltprobleme sind komplexe Probleme, die Umweltwissenschaften beziehen sich auf ein komplexes Forschungsobjekt⁴.

Liegt in der Interdisziplinarität jedoch wirklich ihre besondere Stärke? Kann die erforderliche Interdisziplinarität, wenn sie nicht institutionell, durch eine entsprechende Wissenschaftsorganisation und eine entsprechende wissenschaftstheoretische Reflexion gefördert und geschützt wird, nicht auch zum Hemmnis werden?

Der Wissenschaftssoziologe Peter Weingart äußerte sich schon vor einigen Jahren recht pessimistisch zum Problem der interdisziplinären Forschung. Er schrieb: „Die öffentlichen Erklärungen von Wissenschaftlern über die Wünschbarkeit interdisziplinärer Forschung können nicht in ihrem Wortlaut ernst genommen werden, noch ist zu erwarten, dass normative Appelle das Verhalten von Wissenschaftlern ändern werden.“⁵

Wir sind optimistischer, wie auch Achim Daschkeit⁶ oder auch der größere Teil der Autoren der von Stefan Baumgärtner und Christian Becker herausgegebenen Beiträge zur „Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung“.⁷

Die Probleme der Interdisziplinarität als besonderer wissenschaftlicher Herangehensweise bei der Umweltforschung sind schon bisher Gegenstand intensiver wissenschaftsphilosophischer und wissenschaftstheoretischer Untersuchungen und müssen es auch weiterhin bleiben. Denn die hier aufgezeigten Probleme interdisziplinärer Umweltforschung sind bisher noch nicht gelöst, sondern bedürfen der weiteren Diskussion. Es wird festgestellt, dass es in der Umweltforschung schon umfangreiche interdisziplinäre Forschungsleistungen gibt, dieser Form der Forschung jedoch „bisher eine tragfähige und zukunftsweisende wissenschaftsphilosophische Basis“⁸ fehlt bzw. unterentwickelt ist. Wir wollen uns hier weitgehend den auf der genannten Konferenz zur „Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung“ auf der Grundlage der Auswertung auch weiterer wissenschafts-

4 Meadows, D. L. / Meadows, D. H. / Zahn, E., Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt GmbH 1972.

5 Weingart, P., Interdisziplinarität – der Paradoxe Diskurs. – In: Ethik und Sozialwissenschaften. Streitforum für Erwägungskultur. 8(1997)4, S. 524.

6 Daschkeit, A., Umweltforschung interdisziplinär – notwendig, aber möglich? – In: Umweltforschung quergedacht: Perspektiven integrativer Umweltforschung und –lehre. Festschrift für Prof. Dr. Otto Fränzel zum 65. Geburtstag – Umweltnatur- und Umweltozialwissenschaften UNS. Band 1. Hrsg. v. Achim Daschkeit u. W. Schröder. Berlin: Springer 1998, S. 51 – 73; Daschkeit, A., Interdisziplinarität durch Organisation – Erfahrungen aus der Praxis der Umweltforschung. – In: GAIA. 9 (2000)(4), S. 245 – 247.

7 Baumgärtner, S. / Becker, C., Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung. Marburg: Metropolis-Verlag 2005.

8 Ebenda, S. 9.

philosophischen und wissenschaftstheoretischen Arbeiten zu Fragen der interdisziplinären Forschung getroffenen Schlussfolgerungen anschließen.

Jürgen Mittelstraß hatte schon zuvor aufgezeigt, dass Interdisziplinarität dadurch wissenschaftspolitisch relevant wurde, dass der Anspruch gesellschaftlicher Relevanz von Wissenschaft angesichts einer Asymmetrie von Problementwicklung und disziplinärer Entwicklung vor dem Hintergrund von Umweltproblemen und Technologiefolgen nicht mehr eingelöst werden konnte⁹.

Im Folgenden soll herausgearbeitet werden, dass die Umweltinformatik als eine spezifische ingenieurwissenschaftliche Disziplin und als Teil der Umweltforschung bei hoher disziplinärer Qualität in Lehre und Forschung zwingend interdisziplinär und transdisziplinär (im Sinne von Jürgen Mittelstraß¹⁰, Günter Ropohl¹¹, Lutz-Günther Fleischer¹² und anderen) sein muss. Die Interaktion und Kooperation der Disziplinen findet schrittweise im Rahmen einer einheitsverbürgenden, alle Disziplinen transzendierenden Konzeption statt. Durch diese übergreifende Konzeption wird eine Integration der Wissenschaften, eine neue Form wissenschaftlicher Einheit, gerechtfertigt und als sinnvoll erachtet¹³. Oftmals mag interdisziplinäre Forschung nur ein wichtiger, aber zeitbedingter Transformationsprozess in eine neue Disziplin sein. Bei den auf die Untersuchung komplexer Objekte orientierten Wissenschaften, wie zum Beispiel Medizin und Umweltwissenschaften, sowie bei den auf die Gestaltung neuer Wirklichkeit orientierten Ingenieurwissenschaften, wie der Informatik, Wirtschaftsinformatik und Umweltinformatik, haben ebenfalls starke Differenzierungs- und Integrationsprozesse stattgefunden. Auch hier hat die interdisziplinäre Zusammenarbeit als Katalysator für die Herausbildung einer neuen Disziplin gewirkt. Jedoch verstehen sich diese neuen, aus der Integration entstandenen Disziplinen, wie Wirtschaftsinformatik oder Umweltinformatik, weiterhin als interdisziplinär. Trotz schrittweiser Disziplinierung bleibt weiterhin eine interdisziplinäre Lehr- und Forschungssituation bestehen. In der Diskussion um Interdisziplinarität und die Herausbildung einer neuen Disziplin wird dies unseres Erachtens bisher noch ungenügend beachtet.

- 9 Mittelstraß, J., Die Stunde der Interdisziplinarität? – In: Kocka, J. (Hrsg.), Interdisziplinarität. Praxis – Herausforderung – Ideologie. Frankfurt/M.: Suhrkamp 1987, S. 152 – 158.
- 10 Mittelstraß, J., Interdisziplinarität oder Transdisziplinarität? – In: Hieber L. (Hrsg.): Utopie Wissenschaft. Ein Symposium an der Universität Hannover über Chancen des Wissenschaftsbetriebes der Zukunft. München/Wien 1993.
- 11 Ropohl, G., Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode. – In: Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis, Nr. 2; Karlsruhe 2005, S. 24 – 31.
- 12 Fleischer, L.-G., Komplexität, Inter- und Transdisziplinarität. – In: LIFIS ONLINE. [15.04.10] <http://www.leibniz-institut.de>
- 13 Siehe: <http://www.eberl.net/chaos/Eberl/node6.html>. Abrufdatum: 11.08.2010

Es sind verschiedene Formen interdisziplinärer Zusammenarbeit zu unterscheiden. Welche der verschiedenen Formen der Interdisziplinarität für die Integration der Informatik mit den Wirtschafts- und Umweltwissenschaften – für die Gestaltung von Umweltinformationssystemen – charakteristisch sind, ist noch nicht eindeutig zu erkennen.

a) Von verschiedenen Wissenschaften wird nebeneinander der für sie zutreffende Aspekt einer Fragestellung analysiert. Bei dieser Herangehensweise werden die wissenschaftlichen Ergebnisse unabhängig voneinander gewonnen und erst durch den Nutzer zusammengefasst.

b) Es werden Methoden von einer Wissenschaft in eine andere transferiert und auf den Gegenstand der anderen Disziplin angewendet, wobei die Kriterien wissenschaftlicher Arbeit dieser Disziplin gelten. Dieser Methodentransfer wird oftmals als die eigentliche Form interdisziplinärer Arbeit angesehen. Dies ist jedoch offensichtlich noch eine einseitige Beziehung, da noch kein wechselseitiger Austausch zwischen den integrierten Disziplinen erfolgt.

c) Die Untersuchung eines gemeinsamen Forschungsgegenstandes erfolgt arbeitsteilig, aufeinander abgestimmt. Über definierte Beziehungen erfolgt ein Austausch von Zwischenergebnissen – Daten bzw. wissenschaftliche Aussagen. Die beteiligten Disziplinen verwenden im Erkenntnisprozess die für sie spezifischen Methoden und Theorien. Damit besteht hier die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Austausch von Resultaten ohne Auswirkungen auf die innere Struktur und die Methoden der jeweiligen Disziplin.

d) Die Untersuchung eines gemeinsamen Forschungsgegenstandes erfolgt in Form integrierter Zusammenarbeit von Disziplinen, wobei Theorien und Methoden der integrierten Disziplinen hinsichtlich eines gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungszieles aufeinander abgestimmt und verbunden werden. Diese wissenschaftlichen Arbeitsprozesse verlangen von den Wissenschaftlern persönliche Interdisziplinarität und Kooperationsfähigkeit. Verlangt werden somit Fähigkeiten und Fertigkeiten, die über die in der Ursprungsdisziplin erforderlichen hinausgehen.

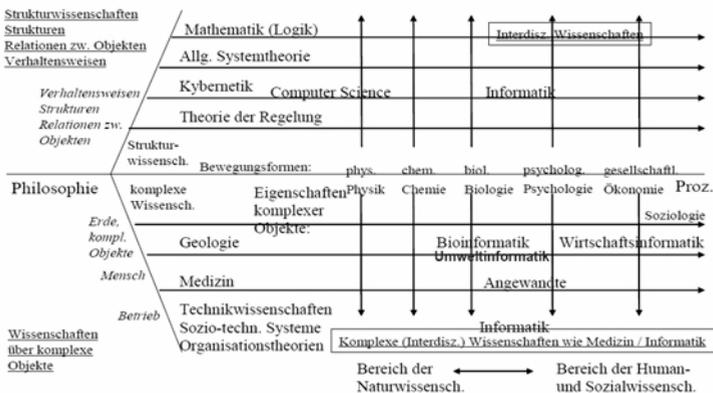
e) Die Untersuchung eines gemeinsamen Forschungsgegenstandes erfolgt in Form integrierter Zusammenarbeit, wobei Theorie und Methoden der integrierten Disziplinen hinsichtlich eines gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungszieles aufeinander abgestimmt und verschmolzen werden, so dass es zur Modifikation der ursprünglichen Theorien, Methoden und Begriffssysteme kommt, bis hin zur Gewinnung neuer Theorien, Methoden und Konzepte, die die Ursprungsdisziplinen übergreifen. Es kann auch eine Rückwirkung auf die Ursprungsdisziplin geben, die diese grundsätzlich verändert.¹⁴

2. Informatik und Umwelthinformatik im System der Wissenschaften

2.1. Unterscheidung verschiedener Typen von Wissenschaftsdisziplinen

Um Interdisziplinarität zu verstehen, muss man ein tieferes Verständnis der Disziplinen gewinnen. Dazu gehört unseres Erachtens eine stärkere Differenzierung. In der bisherigen Diskussion um Disziplinarität und/oder Interdisziplinarität wurde zwar immer davon ausgegangen, dass es unterschiedliche Disziplinen gibt, die dann in verschiedener Weise integriert werden können. Dabei wird bisher jedoch zu wenig beachtet, dass es sehr unterschiedliche Gruppen von Disziplinen gibt.

Abbildung 1: *Klasifizierung der Wissenschaften.*



Differenzierung zwischen Wissenschaften, die sich a) auf unterschiedliche Bewegungsformen der Materie, b) auf abstrakte Strukturen oder c) auf komplexe Objekte beziehen, und d) Philosophie.

- 14 Baumgärtner, S. / Becker, C. (Hrsg.), Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung. Marburg: Metropolis Verlag 2005, S. 75 – 76; Siehe: <http://www.eberl.net/chaos/Eberl/node6.html>. Abrufdatum: 11.08.10.; Erich Jantsch hat (In: Technological Planning and Social Futures, London: Cassell /Associated Business Programmes, 1972) mehrere Formen wissenschaftlicher Kooperation über Disziplingrenzen unterschieden: Multidisziplinarität, Pluridisziplinarität, Kreuzdisziplinarität, Interdisziplinarität und Transdisziplinarität. Insofern diese Begriffe hier genutzt werden, erfolgt dies akzentverschoben.

Das Schema Klassifizierung der Wissenschaften aus Abbildung 1 zeigt verschiedene Ebenen der Unterscheidung von Wissenschaften bzw. vier Hauptgruppen von Wissenschaftsdisziplinen:

Die sogenannten klassischen Wissenschaften in ihrer üblichen Einteilung entsprechend den untersuchten Seinsstufen bzw. qualitativ unterschiedenen Bewegungsformen der Materie.

Die sogenannten Strukturwissenschaften (nach M. Peschel, Carl Friedrich von Weizsäcker und anderen), geordnet nach dem Abstraktionsgrad der untersuchten Strukturen. Immer stärker wird von den zugrunde liegenden energetischen und stofflichen Prozessen abstrahiert.

Die interdisziplinären Wissenschaften zur Untersuchung komplexer Objekte, die auch als Integrationswissenschaften bezeichnet werden.

Das Schema verweist auch auf die besondere Stellung der Philosophie. Sie steht außerhalb der Klassifikation der Einzelwissenschaften, jedoch keinesfalls von ihnen getrennt, nicht über und nicht unter, sondern in enger Wechselbeziehung mit ihnen. Die Philosophie strebt, ähnlich den Strukturwissenschaften, einen hohen Verallgemeinerungsgrad an. Die Verallgemeinerung hat jedoch eine andere Richtung. Es geht in der Philosophie immer auch um Fragen nach dem Sinn, um weltanschauliche Fragen¹⁵, um Fragen nach der Stellung des Menschen in der Welt, im Prozess der technischen, sozialen und gesellschaftlichen Entwicklung.

Die Notwendigkeit und Bedingungen für Disziplinarität und Interdisziplinarität unterscheiden sich bei den unterschiedenen Typen jeweils deutlich.

2.1.1. Wissenschaften konkreter Bewegungsformen der Materie

Betrachten wir die verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen entsprechend ihrer Aufeinanderfolge aufgrund der verschiedenen, in der Evolution der Erde und der Lebewesen entstandenen qualitativ unterschiedlichen Bewegungsformen der Materie, dann liegt die Unterscheidung aber auch das mögliche Zusammenwirken verschiedener Disziplinen im Erkenntnisprozess nahe. Die Physik erforscht die unbelebte Natur, die Chemie die Stoffumwandlungen und die Biologie die lebendige Natur. Damit ist nicht gesagt, dass die Differenzierung in unterschiedliche Disziplinen einer vorgegebenen Ordnung in der Natur entspricht. „Dass aber die Struktur der Disziplinen eine Ordnung in die Natur bringt, die sich allein

15 Hörz, H., Kybernetik als interdisziplinäres Projekt – Zum Wirken von Georg Klaus. – In: Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften – Georg Klaus zum 90. Geburtstag, Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski u. Siegfried Piotrowski, Berlin: Trafo Verlag 2004, S. 149 – 187; Hörz, H., Philosophen zwischen Rechtfertigungsdruck und Interpretationsnot. – In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät. 51(2001)8, S. 45 - 85.2001, S. 45 – 85.

dem Opportunismus praktischen Handelns oder beliebiger Reflexion verdankt, ist vielleicht eine ebenso unbehagliche Folgerung¹⁶, schreibt Peter Weingart zu Recht.

Die wissenschaftliche Forschung führt vom Ganzen ausgehend zur Analyse der Teile und über Modelle und Modellsysteme wieder zur Resynthese, mag dies letztlich auch nur noch gedanklich möglich sein.

Entgegen vitalistischen Positionen oder einem vagen Holismus hat der Siegeszug der Molekularbiologie gezeigt, dass die Anwendung physikalisch-chemischer, mathematisch-kybernetischer Methoden in der Biologie außerordentlich fruchtbar ist. Denn alles, was biologisch möglich ist, muss auch physikalisch-chemisch möglich sein. Aber das Umgekehrte gilt nicht. Nicht alles, was physikalisch-chemisch möglich ist, zum Beispiel ein faules Ei, ist biologisch möglich. Hinzu kommen die physikalisch-chemische Möglichkeiten einschränkenden Bedingungen, wie spezifische Struktur, Information, Ganzes-Teil-Beziehungen, wodurch die physikalisch-chemischen Prozesse modifiziert werden und die spezifisch biologische Qualität entsteht.

2.1.2 Strukturwissenschaften

Die „Allgemeine Systemtheorie“ von Ludwig von Bertalanffy, die technische Signalübertragungstheorie von Claude Shannon, die Kybernetik I. Ordnung von Norbert Wiener und II. Ordnung von Heinz von Förster sowie die algorithmische Informationsverarbeitung im Sinne der Computer Science oder einer so verstandenen Informatik können alle als systemtheoretische Konzepte verstanden werden und damit, entsprechend dem Charakter der Systemtheorie, als transdisziplinäre Strukturwissenschaften. Sie unterscheiden sich allerdings in der Art der von ihnen vorgenommenen Abstraktion und Verallgemeinerung.

Mit seinem berühmten Werk „Kybernetik“¹⁷ formulierte Norbert Wiener schon mit dem Untertitel seines Buches die von ihm gesehene, eigenständige Interdisziplinarität der Kybernetik. Der neue Gegenstand findet sich im Lebewesen und in der Maschine, in den beiden Seinsbereichen gemeinsamen, invarianten Strukturen bei Abstraktion von der jeweiligen Konkretisierung. Es sind also nicht Strukturen des Stoff- und Energieflusses, sondern der Steuerung und Regelung und damit der

16 Weingart, P., Interdisziplinarität als List der Institution. – In: Interdisziplinarität. Praxis – Herausforderung – Ideologie. Hrsg. v. Jürgen Kocka. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag 1987, S. 160.

17 Wiener, N., Kybernetik – Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine, Düsseldorf: Econ Verlag 1963.

Informationsverarbeitung sowie der Kommunikation und damit der Informationsübertragung¹⁸.

Wie im obigen Schema dargestellt, gibt es also nicht nur Disziplinen, die den qualitativ verschiedenen Bewegungsformen der Materie folgen, sondern auch solche, die gerade von der Spezifik der Bewegungsform abstrahieren. Sie werden als Strukturwissenschaften bezeichnet. Die Einführung dieser Bezeichnung wird weithin auf eine Arbeit zur Wissenschaftsentwicklung von Carl Friedrich von Weizsäcker¹⁹ zurückgeführt. Die Differenzierung innerhalb der Strukturwissenschaften nach dem Abstraktionsgrad geht auf Gespräche mit Manfred Peschel²⁰ zurück. Er verdeutlichte, dass bei der Regelungstechnik noch zwischen pneumatischer, hydraulischer oder elektronischer Regelung unterschieden wird, also noch nicht ganz von der energetischen Grundlage abstrahiert wird. Daher ist die Kybernetik auf einem höheren Abstraktionsniveau, denn sie betrachtet nur noch die Struktur des Regelkreises.

Wesentliche Erkenntnisse, die sowohl die Wissenschaft in vielen Disziplinen als auch das Management von Unternehmen in den letzten Jahren stark beschäftigt haben, kommen aus der Theorie der Selbstorganisation. Heinz von Förster²¹ unterscheidet zwischen trivialen und nicht-trivialen Maschinen. In seinem Sinne wird von Kybernetik I. und II. Ordnung gesprochen. Triviale Maschinen sind solche, die man konstruieren und bauen kann. Nicht-triviale Maschinen sind sich selbst organisierende Systeme, die nicht vollständig, im streng deterministischen Sinne, beherrscht werden können. Diese Prozesse zeigen Emergenz. Die neu entstehenden Qualitäten lassen sich nicht auf die Elemente und ihre Wechselbeziehungen reduzieren. Es ist die Wirkung des Ganzen auf seine Teile, als eine besondere Form des allgemeinen Zusammenhangs, zu berücksichtigen. Die Grundgedanken der Theorie der Selbstorganisation, wie sie zunächst in der Biophysik und Kybernetik entwickelt wurden, haben insbesondere in den Bio- und Sozialwissenschaften zu einer Erweiterung ihrer theoretischen Konzeptionen geführt. Diese Art von Interdisziplinarität, bis hin zur Transdisziplinarität, beruht auf einer neuen Orientierung, die, ohne die Strukturperspektive zu ersetzen, diese ergänzend, den Blick auf den Prozess richtet. Die Interdisziplinarität beruht hier auf allgemein gültigen Prinzipien der Bewegung und

18 Frank, H. (Hrsg.), *Kybernetik – Brücke zwischen den Wissenschaften*. Frankfurt: Umschau-Verlag 1962.

19 von Weizsäcker, C. F., *Die Rolle der Wissenschaft*. – In: *Das 198. Jahrzehnt – Eine Team-Prognose für 1970-1980*. Hrsg. v. Grossner, C., Münchmeyer, H.-H., Ötker, A., von Weizsäcker. Hamburg: Christian Wegner Verlag 1969. S. 495 – 510.

20 Peschel, M., *Modellbildung für Signale und Systeme*, Berlin: VEB Verlag Technik 1978.

21 von Förster, H., *On Self-Organizing Systems and their Environments*. – In: *Self-Organizing Systems (Int. Tracts in Computer Science and Technol. and their Applicat. Ed. by M. C. Yovits and S. Cameron*. London 1960. Bd.2, S. 31 – 50.

Entwicklung. Da Evolution die Entstehung von Strukturen und Information zur Voraussetzung hat, wird das Prinzip der Selbstorganisation mit dem der Informationsentstehung verbunden²². Die Kybernetik I. Ordnung setzt Information immer schon voraus und fragt nicht nach ihrer Entstehung. Informationsentstehung ist jedoch ein entscheidendes Prinzip zum Verständnis lebendiger Organismen bzw. kreativ lernender sozialer Organisationen²³.

Da die Informatik als Wissenschaft auch nicht in das klassische System der Wissenschaften passt, sie der Mathematik-, den Natur- und den Geisteswissenschaften nahe steht, aber keine dieser Wissenschaften ist, wird sie zum Beispiel im Studienführer von 1980²⁴ in Bezugnahme auf Carl Friedrich von Weizsäcker²⁵ auch zu den Strukturwissenschaften gezählt. Dies ist wichtig, will man den Charakter des Theorie- und Methodentransfers der Informatik in andere Disziplinen verstehen. Ist sie aber wirklich nur eine Strukturwissenschaft?

Schon Carl Friedrich von Weizsäcker fordert, „eine der wichtigsten Aufgaben der Bewusstseinsbildung muss es sein, den Blick für Strukturen den Blick für Wirklichkeit komplementär gegenüberzustellen“²⁶.

Die Theorie des Computers ist eine Strukturwissenschaft. Soweit die Informatik auf Computer Science eingeschränkt wird bzw. werden kann, wird man sie auch zu diesem Wissenschaftstyp zählen können. Aber schon ein Blick in das von der amerikanischen Computer Society (IEEE-CS), der Association for Computing Machinery (ACM) und der Association for Information Systems (AIS) ausgearbeiteten Computing Curricula 2005²⁷ zeigt die Bedeutung, die Informationssystemen bzw. der

- 22 Fenz, N., Hofkirchner, W., Stockinger, G. (Hrsg.), Information und Selbstorganisation – Annäherung an eine vereinheitlichte Theorie der Information. Innsbruck-Wien: Studien Verlag 1998.
- 23 Fuchs-Kittowski, K., Heinrich, L. J., Rolf, A., Information entsteht in Organisationen: – in kreativen Unternehmen – wissenschaftstheoretische und methodologische Konsequenzen für die Wirtschaftsinformatik. – In: Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie – Bestandsaufnahme und Perspektiven. Hrsg. v. J. Becker, W. König, R. Schütte, O. Wendt u. S. Zelewski. Wiesbaden: Gabler Verlag 1999. S. 329 – 361.
- 24 Brauer, W., Haack, W., Münch, S., Studien- und Forschungsführer Informatik. St. Augustin/Bonn 1980, S. 41.
- 25 von Weizsäcker, C. F., Die Einheit der Natur. München 1971.
- 26 von Weizsäcker, C. F., Die Rolle der Wissenschaft. – In: Das 198. Jahrzehnt – Eine Team-Prognose für 1970-1980, Hrsg. v. C. Grossner, H.-H. Münchmeyer, A. Ötker, u. C. C. von Weizsäcker. A. a. O., S. 497.
- 27 The Joint Task Force for Computing Curricula 2005, A cooperative project of The Association for Computing Machinery (ACM) The Association for Information Systems (AIS) The Computer Society (IEEE-CS) 30 September 2005 Computing Curricula 2005 – The Overview Report, 2006 by ACM and IEEE.

Methodologie der Informationssystemgestaltung in Lehre- und Forschung zugewiesen wird.

Definieren wir Informatik kurz als Wissenschaft von der Automatisierung menschlicher/gesellschaftlicher Informationsverarbeitung und ihrer Anwendungen, so tritt die besondere Anwendungsorientierung, die Gestaltung komplexer, sozio-technischer Informationssysteme hervor. Damit hört sie auf, reine Strukturwissenschaft zu sein. Denn sie umfasst somit auch die wissenschaftlichen Grundlagen zur Gestaltung solcher komplexen Objekte. Diese Verschiebung von Computer Science – verstanden als Strukturwissenschaft – zur interdisziplinären Informatik, die als Wissenschaft auch die Gestaltung sozio-technischer Informationssysteme einschließt, wird ebenfalls im Schema der Abbildung 1 angezeigt.

2.1.3. Wissenschaften komplexer Objekte

Nach dem obigen Schema erscheint es sinnvoll, von den zuvor unterschiedenen Wissenschaftsdisziplinen noch einen weiteren besonderen Typ zu unterscheiden und zwar Wissenschaften, die von vornherein komplexe Objekte untersuchen, wie zum Beispiel die Geowissenschaften, Geographie, Ethnologie und insbesondere auch die Medizin. Derartige komplexe Objekte sind beispielsweise die Erde, der Mensch, aber auch ein Industriebetrieb. Wie im Schema der Abbildung 1 besonders hervorgehoben, gehören dazu auch die sozio-technischen Informationssysteme. Für die Untersuchung solcher komplexen Objekte existieren „Disziplinen“, innerhalb deren eine ausgeprägte interdisziplinäre Identität bzw. eine Vielfalt an Spezialisierungen seit jeher charakteristisch ist.²⁸ Die Medizin definiert sich als die Wissenschaft vom Menschen, unter dem Aspekt von Gesundheit und Krankheit. Die Unterscheidung von einer ganzen Reihe anderer Wissenschaften, die den Menschen zum Gegenstand haben, erfolgt durch den besonderen Aspekt, unter dem der Mensch vom Mediziner gesehen wird. Aber auch bei dieser notwendigen Einschränkung muss sich die Medizin von vornherein als eine interdisziplinäre Wissenschaft verstehen. Trotz dieses interdisziplinären Selbstverständnisses der Medizin ist auch hier die Wechselbeziehung von Disziplinarität und Interdisziplinarität alles andere als problemlos. So gab es und gibt es heute immer noch Auseinandersetzungen hinsichtlich der Forschungsziele und Ausbildungsinhalte zwischen den mehr naturwissenschaftlich ausgerichteten Grundlagenfächern, den klinischen Fächern und insbesondere der Sozialhygiene.

28 Fuest, V., Alle reden von Interdisziplinarität aber keiner tut es – Anspruch und Wirklichkeit interdisziplinären Arbeitens in Umweltforschungsprojekten. Göttingen/Bonn 2004; Laudel, G., Interdisziplinäre Forschungskoooperation. Erfolgsbedingungen der Institution `Sonderforschungsbereich`. Berlin: Edition Sigma 1999.

Die Medizin jedoch integriert diese vielen unterschiedlichen Wissenschaften bzw. Disziplinen, sie hat einen eigenständigen Studiengang, eigenständige Institutionen und Berufsbilder. „Sie ist also in organisatorischem bzw. praktischem Sinne eine Disziplin – genauso wie die Physik; aber im theoretischen Sinne ist sie nicht eine Disziplin, jedenfalls nicht so eine wie die Physik“²⁹ schreibt Peter McLaughlin. Hiermit wird unseres Erachtens deutlich, dass wir es in der Tat mit einem anderen Typ von Disziplin zu tun haben. „Ob die Gründe für den Unterschied zwischen Medizin und solchen prototypischen Disziplinen wie Physik und Philosophie in der Anwendungsorientierung liegen, muss hier nicht entschieden werden“, schreibt Peter McLaughlin weiter. „Wichtig ist nur die Tatsache, dass die ökologische Ökonomie, wenn sie eine neue Disziplin wie die Physik werden will, ganz andere Probleme bewältigen muss, als wenn sie eine neue Disziplin wie die Medizin werden will“³⁰. Unabhängig davon, wie sich die ökologische Ökonomie entwickeln will bzw. wird, halten wir hier fest, dass unseres Erachtens zu Recht zwischen verschiedenen Typen von Disziplinen unterschieden wird. Der Unterschied liegt durchaus einmal in der besonderen Anwendungsorientierung, aber zum anderen, wie gesagt, darin, dass von vornherein komplexe Objekte Gegenstand der Untersuchung sind. Das sind aber auch charakteristische Züge der Informatik, der Wirtschafts- und Umweltinformatik.

Der interdisziplinäre Charakter der Medizin in Lehre und Forschung könnte, wie gesagt, ebenfalls für die Entwicklung einer interdisziplinären Umweltwissenschaft beispielgebend sein. Dann würden wahrscheinlich einige der Argumente gegen eine interdisziplinäre Umweltwissenschaft wegfallen oder zumindest abgeschwächt.³¹

Wie in Abbildung 1 aufgezeigt, ist Informatik nicht mit Computer Science zu identifizieren³², wie es immer wieder versucht wird. Nach Heinz Zemanek hat die Informatik die Aufgabe, das Spannungsfeld zwischen formalem Modell und nicht formaler Wirklichkeit zu überbrücken. Computer Science und die so verstandene Informatik steht im Spannungsfeld zwischen verschiedenen Denktraditionen: a) der mathematischen Theorienbildung, b) der naturwissenschaftlichen Modellbildung

29 McLaughlin, P., Interdisziplinaritätsgrenzen. In: Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung, Hrsg. v. S. Baumgärtner u. C. Becker. Marburg: Metropolis-Verlag 2005. S. 43.

30 Ebenda.

31 Weimann, J., Integration zwecklos: Interdisziplinäre Umweltforschung als Verbundprojekt selbstständiger Disziplinen. – In: Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung. Hrsg. v. S. Baumgärtner u. C. Becker. Marburg: Metropolis-Verlag, 2005. S. 53 – 71; Mieg, H. A., Warum wir EINE Umweltwissenschaft brauchen und Interdisziplinarität (nur) eine nützliche Fiktion ist. – In: Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung, Hrsg. v. S. Baumgärtner u. C. Becker. Marburg: Metropolis-Verlag 2005. S. 73 – 86.

32 Zemanek, H., Was ist Informatik? – In: Elektronische Rechenanlagen. 13(1971)4.

und c) dem ingenieurmäßigen Entwerfen.³³ Entscheidend ist, dass von diesen drei Denktraditionen alleine die Anwendung und die Rückwirkung der Anwendungsdisziplinen auf die Informatik nicht wirklich erfasst werden können. Die entscheidende Aufgabe der Überbrückung des Spannungsfeldes zwischen formalem Modell und nicht formaler Wirklichkeit kann aus einer allein strukturwissenschaftlichen Sicht nicht geleistet werden. In der Abbildung 1 wird die Informatik daher unter die interdisziplinären Wissenschaften eingeordnet, die komplexe Objekte zum Gegenstand haben. Informatik wird so als spezifische Ingenieurwissenschaft verstanden, nicht wie die klassischen Ingenieurwissenschaften nur als angewandte Naturwissenschaft, sondern als angewandte Natur-, Struktur-, Human- sowie Sozial- und Geisteswissenschaft. Vor allem ist die Informatik auch als eine Grundlagenwissenschaft zu verstehen, die sich um die Aufklärung der von ihr untersuchten Phänomene, wie Information und Organisation, und um die Klärung des für sie spezifischen Begriffssystem, wie Code, Daten, Information, Signal, Wissen, Zeichen bemüht.³⁴

2.1.4. Zur Notwendigkeit von Orientierungswissen in der Umwelthinformatik

In Abbildung 1 (Klassifikation der Wissenschaften) steht die Philosophie bewusst nicht im Schema einzelwissenschaftlicher Disziplinen. Denn als Wissenschaft vom Gesamtzusammenhang gewinnt sie ihre Erkenntnisse durch Verallgemeinerung des einzelwissenschaftlichen Wissens. Die Philosophie ist wohl bisher das einzige seriöse geistige „Unternehmen“, das seit alters darauf aus ist, aus der Fülle der Besonderungen das Allgemeine herauszuschälen³⁵. Dies kann zum Verständnis von Transdisziplinarität, im Unterschied zu Interdisziplinarität, Bedeutung gewinnen, die speziell für die auf Gestaltung orientierten Technikwissenschaften besonders wichtig wird. Denn, wie Günter Ropohl betont, „drängt sich die Vermutung auf, dass grundlegende Kompetenzen für transdisziplinäre Synthese eben auch nur jenseits der Disziplinen zu kultivieren sind.“³⁶

Aus der Sicht der Umwelthinformatik als Teil der Informatik und der Umweltwissenschaften gibt es vielfache Beziehungen zur Philosophie: zur Ontologie, Erkenntnistheorie und Ethik. Aus der Sicht der Philosophie, speziell der Technikphilosophie, ist die Informatik und speziell die Umwelthinformatik ein

33 Denning, J. P. et. al., Computing as a Discipline. – In: Com. ACM 32. 1 (1989).

34 Zorn, W., Über den unscharfen Gebrauch von Grundbegriffen in der Informatik. – In: Proceedings der „19 DFN-Arbeitstagung Kommunikationsnetze“, Lector Notes in Informatics, GI-Edition, Gesellschaft für Informatik. Bonn 2005. S. 13 – 37.

35 Ropohl, G., Jenseits der Disziplinen – Transdisziplinarität als neues Paradigma. – In: LIFIS-Online [21.03.2010] <http://www.leibniz-institute.de>, S. 10.

36 Ebenda.

besonders interessantes Gebiet, für allgemeine erkenntnistheoretisch-methodologische Probleme, aber insbesondere auch für weltanschauliche Fragen – nach der Stellung des Menschen in der Welt, in der Natur, zum wissenschaftlich-technischen Fortschritt. Es gilt hier, entsprechendes Orientierungswissen zu erarbeiten.

Um das Ziel der Umweltinformatik zu erreichen, eine "Nachhaltige Entwicklung" zu unterstützen, ist ein wissenschaftlich begründetes Weltbild, eine klare Vorstellung vom Menschen und seinem Verhältnis zur Natur und Gesellschaft ebenso wichtig wie die Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien für den Umweltbereich. Die Erfahrung zeigt, dass Technologien recht schnell einem veränderten Weltbild bzw. neuen Orientierungen folgen, während sich unser Weltbild, unser Verhältnis zur Natur und Gesellschaft, auch bei schnellem technologischen Wandel kaum verändert. Der Streit um den richtigen Weg in die Zukunft wird in den Köpfen und Herzen von Menschen entschieden, die sich der Tatsache bewusst werden, dass man sich auch gegenüber der Natur in ihrer Mannigfaltigkeit sowie gegenüber den Mitmenschen moralisch verhalten sollte. Hier fehlt es nicht an Angeboten zur Entwicklung einer Naturethik, einer Bioethik oder auch Umwelteethik³⁷. Die Verhaltensänderung, die hier verlangt wird, damit das Leben auf unserem Planeten nicht weiterhin immer stärker gefährdet wird, muss jedoch noch tiefer gehen. Verlangt wird ein Wissen von der Natur und den technisch - technologischen Eingriffen in die Natur sowie den Möglichkeiten der informationstechnologischen Kontrolle dieser erforderlichen Eingriffe, die von der Achtung gegenüber den Naturwesen, der Teilnahme an ihrem Dasein ausgeht, den Menschen als Teil der Natur und vorrangig soziales und gesellschaftliches Wesen versteht.

Es gibt enge Wechselbeziehungen zwischen diesen philosophischen und weltanschaulichen Erfordernissen und den Entwicklungen in der Informatik/Umweltinformatik. Im Rahmen der Gesellschaft für Informatik sind, in Anlehnung an entsprechende internationale Entwicklungen, ethische Grundsätze für Informatiker/Innen entwickelt worden, um einen fachlich, sozial und ethisch verantwortbaren Computereinsatz zu gewährleisten. Innerhalb der Arbeitspsychologie sind in Zusammenarbeit mit Informatikern Humankriterien für die Arbeits- und Organisationsgestaltung, in Einheit mit der Informationssystemgestaltung, entwickelt worden. Die Umweltinformatik trägt wesentlich dazu bei, dass dem Kriterium der „Nachhaltigen Entwicklung“ theoretisch wie praktisch entsprechend Rechnung getragen wird.

Aus der konkreten Analyse der ambivalenten gesellschaftlichen und sozialen Wirkungen der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) entstand die besondere Teildisziplin der Informatik, das Gebiet: "Informatik und

37 Nida-Rümelin, J. (Hrsg.), *Angewandte Ethik, Die Bereichsethiken und ihre theoretische Fundierung*, Stuttgart: Alfred Kröner Verlag 1996.

Gesellschaft" und mit der Entwicklung der Umwelthinformatik, das Gebiet "Umwelthinformatik und Gesellschaft" sowie das Gebiet Technologiefolgenabschätzung. Diese Wissenschaftsdisziplinen können in besonderem Maße zur Vermittlung von Orientierungswissen in der Informatik / Umwelthinformatik beitragen.

Das Gebiet Umwelthinformatik und Gesellschaft analysiert die Wirkungen des Einsatzes moderner Informations- und Kommunikationstechnologien in unterschiedlichen Bereichen, speziell in der Wirtschaft und Umweltbereichen, in Einrichtungen des Umweltschutzes und des Gesundheitswesens und entwickelt Kriterien und Methoden einer am Menschen orientierten Gestaltung von IKT-Anwendungssystemen. Damit wird der Weg aufgezeigt, den die Informatik, Wirtschafts- und Umwelthinformatik gehen muss - von der Wirkungsforschung bzw. Technologiefolgenbewertung über ein tieferes Verständnis des Wesens informationeller Systeme zur sozial und ökologisch orientierten Gestaltung automatenunterstützter Informationssysteme. Es geht dabei um erforderliche rechtliche Regelungen des Computereinsatzes und um ethische Konsequenzen, möglichen Missbrauchs des Einsatzes des Computers sowie der weltweiten digitalen Netze. Es geht um grundlegende Anwendungsprobleme in den verschiedenen Bereichen des sozialen und gesellschaftlichen Lebens, um deren natur-, informations- und sozialwissenschaftliche sowie philosophische, erkenntnistheoretische und methodologische Fundierung.

Angesichts der Steigerung der technischen Verfügbarkeit über die Natur, die speziell mit den Ergebnissen der Entschlüsselung des Humangenoms und der modernen Forschungen zur künstlichen Intelligenz auch unseren eigenen Körper und den menschlichen Geist einschließt, der NBIC-Konvergenzen, entzündet sich die Diskussion um das Selbstverständnis des Menschen. Die entscheidende Erfahrung ist, dass aufgrund der technologischen Entwicklungen, speziell der Nano-, Bio- und Informationstechnologien, die Menschen fast nichts mehr als Gewordenes, als schon Gegebenes akzeptieren können. Wollen wir uns nicht einfach dem spontanen Geschehen überlassen, kann die entscheidende Konsequenz nur sein, dass auch unser Natursein in den bewussten Entwurf von Humanität einbezogen sein muss.

2.2. Theorie der Informatik im Widerspruch zwischen Struktur und Gestaltung

These:

Im Zusammenhang mit den Fragen nach interdisziplinärer Zusammenarbeit gilt es insbesondere auch, die Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und ihrem nicht-technischen, sozialen Entstehungs- und Einsatzkontext zu beachten. In der Informatik ist die Frage, ob soziale Phänomene beim Einsatz von Informationstechnik zu berücksichtigen sind, im Zuge der so genannten Brandmauerdiskussion sehr kontrovers diskutiert worden. In der Wirtschaftsinformatik oder der

(betrieblichen) Umweltinformatik wird diese Frage (fast) uneingeschränkt bejaht, denn die Einbettung der Informationstechnik in die soziale (betriebliche) Organisation ist ihr Gegenstand. Es geht um das Zusammenspiel zwischen Menschen, Aufgabe, Organisation und einzusetzender Informationstechnik. In der Wirtschaftsinformatik oder der (betrieblichen) Umweltinformatik verschränken sich Technikwissenschaften mit Sozial- und Wirtschaftswissenschaften sowie den relevanten Naturwissenschaften. Diese Verschränkung bedeutet keine vollständige Verschmelzung bzw. bruchlose Integration der Forschungsziele und -methoden. Vielmehr kommt es darauf an, wie der Mensch und die soziale Wirklichkeit beim Einsatz der Informationstechnik gesehen werden.

Die Forschungssituation ist disziplinär, wenn sowohl die zu erforschenden Probleme als auch die angewendeten Methoden im Rahmen desselben Wissenschaftsgebietes begründet werden, sie ist interdisziplinär (disziplinübergreifend), wenn dies nicht der Fall ist, wenn die verwendete(n) Methode(n) nicht im Rahmen desselben Wissenschaftsgebietes (derselben Theorie) begründet werden (vergleiche Heinrich Parthey³⁸).

Der Informatik geht es um die Automatisierung von Informations- und Kommunikationsprozessen menschlicher Tätigkeiten. Es geht um die Gestaltung sozio-technischer Informationssysteme. Damit stellt sich immer wieder die Frage: Was sind «gute» Informationssysteme?³⁹

- Wann sind diese Systeme «zuverlässig» und «sicher»?
- «Cui Bono»: Wem nützen die Informationssysteme und wem schaden sie?
- Was müssen wir wissen, um gute, sichere, zuverlässige, gerechte, effektive und menschengerechte Informationssysteme und so weiter zu gestalten?
- Was müssen wir lehren, um diese Zwecke zu erreichen?
- Generell: Wie sieht eine Theorie des Systementwurfs, die Methodologie zur Gestaltung sozio-technischer Informationssysteme, einschließlich so spezieller Systeme wie Umweltinformationssysteme (UIS)⁴⁰ und betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS),⁴¹ heute aus?

38 Parthey, H., Forschungssituation und Forschungsinstitut – Analyse ihrer Formen und Beziehungen. – In: Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion, Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006., Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Frankfurt am M., New York, Wien: P. Lang, Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007, S. 9 – 30.

39 Vgl. Lutterbeck, B., Eine Brücken-Vorlesung – von Lorenzetti zur modernen Informatik, Information-Rules 2, Sommersemester 2006 TU Berlin.

40 Page, B. / Hilty, L. M. (Hrsg.), Handbuch der Informatik, Umweltinformatik – Informatikmethoden für Umweltschutz und Umweltforschung. München Wien: R. Oldenburg Verlag 1994.

2.2.1. *Das Correctness- und das Pleasantness-Problem und das Selbstverständnis der Informatik*

Heinrich Parthey fordert zu Recht, dass für erfolgreiche Forschung und insbesondere für die Lehre die Interdisziplinarität wieder zu „disziplinieren“ ist und die genutzten Methoden⁴², entsprechend der Definition der Disziplinarität, auf der Grundlage einer Theorie dieser neu herausgebildeten Disziplin zu begründen sind. Dies muss aber selbst als ein Entwicklungsprozess gesehen werden. Wie wir am Beispiel der Entwicklung der Informatik und dann der Umweltinformatik zeigen wollen, wird die Disziplinierung die Interdisziplinarität nicht völlig aufheben. Eine allgemeine Theorie der Informatik wird helfen, die Entwicklung der Disziplin sowie die interdisziplinäre Lehr- und Forschungssituation besser zu verstehen, die Methoden zu begründen und die weitere Entwicklung der Disziplin fördernd zu beeinflussen. Doch eine solche Theorie der Informatik wird den Widerspruch zwischen Informatikern als Strukturwissenschaftlern und Anwendern (vgl. Arno Rolf und D. Siefkes⁴³) nicht aufheben.

Eine besondere Ausprägung erhielt die Diskussion zum Selbstverständnis der Informatik zum Ende der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts. Durch den „Denning Report“⁴⁴ der Association for Computing Machinery (ACM) wurde eine sehr kontroverse Diskussion ausgelöst, bei der die unterschiedlichen Standpunkte vor allem durch die beiden Informatiker E. W. Dijkstra⁴⁵ und J. P. Denning⁴⁶ deutlich formuliert wurden. Dijkstra forderte die Errichtung einer „Brandmauer“, die das Pleasantness- vom Correctness-Problem trennt, d. h. Informatiker sollten sich nur mit dem effizienten Gebrauch formaler Methoden und nicht mit der Anwendungspraxis beschäftigen. Nach Dijkstra liegt die entscheidende Herausforderung für die Informatiker in der hohen Komplexität, die sie mit der Programmieretechnik beherrschen sollen. Die Gegenposition wurde insbesondere von

41 Wohlgenuth, V. (Hrsg.), *Konzepte, Anwendungen, Realisierungen und Entwicklungstendenzen betrieblicher Umweltinformationssysteme (BUIS)*. Aachen: Shaker Verlag 2008; Perl, E., *Implementierung von Umweltinformationssystemen – Industrieller Umweltschutz und die Kommunikation von Umweltinformationen in Unternehmen und in Netzwerken*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag 2006

42 Parthey, H., *Institutionalisierung disziplinärer und interdisziplinärer Forschungssituationen*. – In diesem Jahrbuch.

43 Siefkes, D., *Theorie der Informatik im Widerspruch*, Meinem Kollegen Arno Rolf zum 65. Geburtstag.

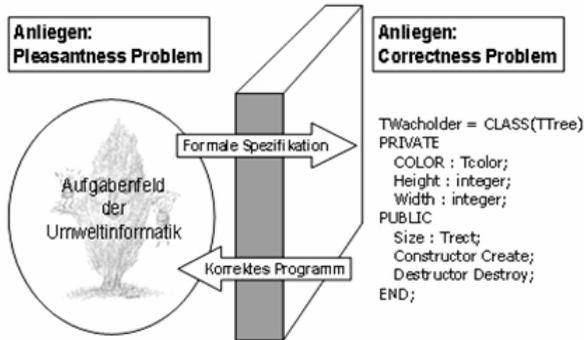
44 Denning, J. P. et al., *Computing as a Discipline*. – In: *Commun. ACM*, 32 (1989), p. 9 – 23.

45 Dijkstra, E. W., *On the Cruelty of Really Teaching Computing Science*. – In: *Communication of the ACM*, 32 (1989), S. 138 – 140.

46 Denning, J. P., *A Debate on Teaching Computer Science*. – In: *Commun. ACM*, 32 (1989) 12 S. 1397 – 1114.

J. Parnas⁴⁷ formuliert, indem er verdeutlichte, dass die Korrektheit der Software nicht nur formal bewiesen werden kann, sondern dass Software in der Praxis getestet werden muss. Denning verdeutlichte darüber hinaus mit Bezug auf unsere Diskussion in Europa, dass die Quelle der Komplexität nicht die interne Struktur der Software ist, sondern die besondere Problematik liegt darin, den Kern menschlicher Arbeit zu verstehen.

Abbildung 2: *Dijkstras „Brandmauer der Informatik“*



Aber auch der Informatiker auf der Mauer⁴⁸, der sieht, dass Software getestet werden muss, genügt nicht, um die Probleme der Anwendung, insbesondere der Gestaltung von Informationssystemen in sozialen Organisationen, theoretisch wie praktisch zu bewältigen. Hierzu muss die Mauer abgerissen und Interdisziplinarität entwickelt werden.⁴⁹

47 Parnas, D. L., Education for Computer Professionals. – In: IEEE Computer, 23 (1990) 1, S. 17 – 22.

48 Pflüger, J. M., Informatiker auf der Mauer. – In: Informatik Spektrum, 17 (1984), S. 251 – 257.

49 Fuchs-Kittowski, K., Heinrich, L. J., Rolf, A., Information entsteht in Organisationen: – in kreativen Unternehmen – wissenschaftstheoretische und methodologische Konsequenzen für die Wirtschaftsinformatik. – In: Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie – Bestandsaufnahme und Perspektiven, Hrsg. v. J. Becker, W. König, R. Schütte, O. Wendt u. S. Zelewski. Wiesbaden: Gabler Verlag 1999, S. 329 – 361.

2.2.2. Interdisziplinarität als Voraussetzung zur Überwindung der Brandmauer

In Deutschland erhielt die Diskussion zum Selbstverständnis der Informatik durch die sog. Curricular-Debatte zu Beginn der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts Auftrieb. Sie stellte die menschliche Arbeit in den Mittelpunkt. Gegenstand der Informatik ist die Reorganisation der Arbeit (Wolfgang Coy)⁵⁰ bzw. die Mechanisierung von (Kopf-)Arbeit (Frieder Nake⁵¹). Klaus Fuchs-Kittowski⁵² hob die Spezifik menschlicher (semantischer) Informationsverarbeitung gegenüber der maschinellen (syntaktischen) Informationsverarbeitung als Grundlage der schöpferischen Tätigkeit des Menschen hervor. Arno Rolf⁵³ versuchte Orientierungswissen über den Gestaltungsbegriff in die Informatik zu integrieren. Der gemeinsame Grundgedanke war, dass die Informatik ihren Blick auch auf den Kontext richten muss, denn die entwickelten Informationssysteme müssen wieder in die Komplexität der menschlichen Arbeitsprozesse integriert werden. Die Informatik im Spannungsfeld zwischen formalem Modell und nicht-formaler Welt muss die Frage stellen, was denn formalisierbar ist und was nicht. Es ist der Übergang (Destruktion) von der sozialen Organisation als sich organisierendes System zu einem schon organisierten, dem formalen Funktionssystem, zu realisieren. Dies bedeutet eine Reduktion der menschlichen Tätigkeit auf formalisierte Operationen und eine Abstraktion von den Prozessen der Entstehung von Information und der Bildung von Werten in der Organisation. Es gilt, diesen Übergang theoretisch wie praktisch zu beherrschen sowie den Weg wieder zurückzu-gehen (Konstruktion), d.h. die durch die Informations- und Kommunikationstechnologie veränderte Organisation in die Gesamtorganisation zu integrieren. Dies ist nur auf der Grundlage entsprechender organisationstheoretischer, sprach- und arbeitswissenschaftlicher Grundlagen möglich.⁵⁴ Die Bemühungen gehen bis heute dahin, eine Theorie der Informatik zu entwickeln, die der Tatsache Rechnung trägt, dass die Informatik eine sozial wirksame Wissenschaft mit Auswirkungen auf Arbeit, Leben und Umwelt ist.⁵⁵ Es wird damit schrittweise auch klar, dass die Theoretische Informatik durch nichtmathematische Theoriebereiche erweitert werden muss.

50 Coy, W., Für eine Theorie der Informatik. – In: Sichtweisen der Informatik, Hrsg. v. W. Coy u. a., Braunschweig: Vieweg Verlag 1992, S. 17 – 32.

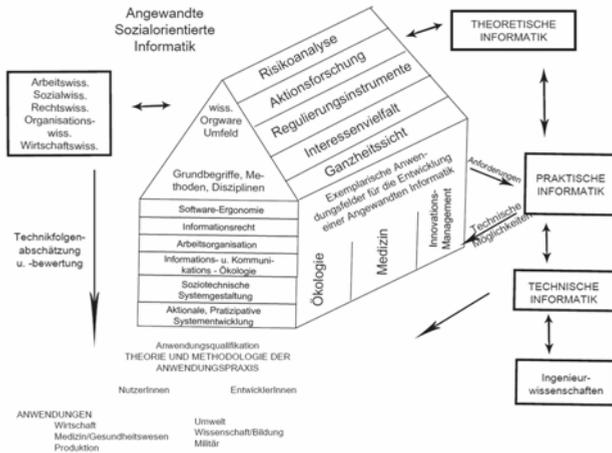
51 Nake, F., Informatik und die Mechanisierung der Kopfarbeit. – In: Sichtweisen der Informatik, Hrsg. v. W. Coy u. a., Braunschweig: Vieweg Verlag 1992. S. 181 – 201.

52 Fuchs-Kittowski, K., Reflections on the Essence of Information. – In: Floyd, C., Züllighoven, H., Budde, R., Keil-Slawik, R., Software Development and Reality Construction, Berlin/Heidelberg/New York: Springer Verlag 1992.

53 Rolf, A., Sichtwechsel – Informatik als (gezähmte) Gestaltungswissenschaft. – In: Sichtweisen der Informatik, Hrsg. v. W. Coy u.a., Braunschweig: Vieweg Verlag 1992, S. 33 – 47.

Im Zusammenhang mit der Gestaltung von Informationssystemen in sozialer Organisation gilt es, insbesondere informations-, arbeits- und organisationswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen. Es gibt heute Studiengänge oder selbstständige Institutionen für Organisationsinformatik⁵⁶ oder sozialorientierte Informatik, in denen Organisationstheorien zum Kern der Ausbildung gehören.⁵⁷

Abbildung 3: *Vielzahl der Disziplinen, die zu einer sozialorientierten Informatik beitragen*



- 54 Fuchs-Kittowski, K., Theorie der Informatik im Spannungsfeld zwischen formalem Modell und nichtformaler Welt. – In: Sichtweisen der Informatik, Hrsg. v. W. Coy u. a., Braunschweig: Vieweg Verlag 1992, S. 71 – 82; Docherty et al. (Eds.), System design for human development and productivity: participation and beyond, North Holland, Amsterdam, 1987; Van Den Beselaar, P. et al (Eds.), Information System, Work and Organization Design, Amsterdam: North Holland 1991; Coy, W., Für eine Theorie der Informatik. – In: Sichtweisen der Informatik. Hrsg. v. W. Coy u. a. Braunschweig: Vieweg Verlag, 1992, S. 17 – 32.
- 55 Rolf, A., Sichtwechsel – Informatik als (gezähmte) Gestaltungswissenschaft. – In: Sichtweisen der Informatik. Hrsg. v. W. Coy u. a., Braunschweig: Vieweg Verlag 1992, S. 33 – 47.
- 56 Rolf, A., Grundlagen der Organisations- und Wirtschaftsinformatik, Berlin/Heidelberg/New York: Springer Verlag 1998.
- 57 Center for Social Informatics, School of Library and Information Science, Indiana University Bloomington USA, School of Social Informatics Aoyama Gakuin University Kanagawa, Japan ; Berleur, J., Nurminen, M. I., Impagliazzo, J. (Eds.), Social Informatics: An Information Society for All? – In: Remembrance of Rob Kling, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag 2006.

Bei der weiteren Diskussion um eine Theorie der Informatik wurden zum Teil auch zu hohe Anforderungen an eine solche Theorie gestellt, indem zum Beispiel nach dem Vorbild der Physik besonderer Wert auf die Vorhersagekraft einer solchen Theorie gelegt wurde. Sie soll das Scheitern von Informationssystemen vorhersagen können⁵⁸. Man muss erkennen, dass solche genauen theoretischen Vorhersagen nicht möglich sind, dass eine Theorie der Informatik aber in der Lage sein muss, die komplementären Sichtweisen miteinander zu verbinden und Orientierungen für die theoretische Begründung der Methodenanwendung zu geben.

Wenn wir von Theorienbildung sprechen, so ist die Entwicklung des theoretischen Wissens in den konkreten Prozessen der Erarbeitung theoretischer Aussagen, ihrer Präzisierung, ihrer Systematisierung und Verknüpfung zu Aussagesystemen aus der Sicht persönlicher Interdisziplinarität und Kooperation in Forschergruppen immer verbunden mit dem Gesamtprozess der gesellschaftlichen Erkenntnistätigkeit, der kollektiven Forschungstätigkeit vieler, zum Teil unabhängig voneinander und auch oft gegeneinander wirkender Wissenschaftler zu sehen.

2.3. Herausbildung der angewandten Informatikdisziplinen – Mit interdisziplinärer Lehr- und Forschungssituation

Gibt es interdisziplinäre Forschung nur temporär?

In der Geschichte der Wissenschaft hat Interdisziplinarität oftmals zur Herausbildung neuer Disziplinen geführt. Interdisziplinarität kann somit als Keim von Disziplinarität angesehen werden. Ist sie damit nur temporär?

M. Faber schreibt im Fazit zur Tagung über Interdisziplinarität, sein Gesamteindruck wäre, „dass interdisziplinäre Forschung nicht dauerhaft, sondern jeweils immer nur temporär ist: Kennzeichnend ist ihr Übergangscharakter.“⁵⁹ Demnach ist interdisziplinäre Forschung ein immer zu beachtender und zu fördernder Veränderungsprozess, bei dem durch Integration unterschiedlicher Disziplinen wieder eine neue Disziplin entsteht. Interdisziplinarität ist demnach nicht dauerhaft, sondern temporär. Dies mag auf den ersten Blick durchaus auch für die Herausbildung der Umweltinformatik so aussehen, wie auch für die anderen unterschiedlichen Anwendungsgebiete der Informatik.

58 Brödner, P. / Wohland, G. / Seim, K., Theorie der Informatikanwendungen in Wertschöpfungsprozessen. – In: Informatik zwischen Konstruktion & Verwertung. Arbeitstagung Bad Hersfeld, 3.-5. April, 2003, S. 7 – 10.

59 Faber, M., Fazit. – In: Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung. Hrsg. v. S. Baumgärtner u. C. Becker. Marburg: Metropolis Verlag 2005. S. 171 – 174.

Wir wollen hier jedoch herausarbeiten, dass dies nur die eine Seite des Prozesses ist. Trotz der notwendigen Verschmelzung bleibt interdisziplinäre Forschung im Rahmen der vollzogenen Integration erforderlich und damit auch eine entsprechende Lehre.

Dies ergibt sich unter anderen aus folgenden Gründen:

Es bleiben auch im Rahmen der integrierten Disziplinen unterschiedliche Forschungsziele und Herangehensweisen bestehen.

Die Methoden und Wissensbestände der integrierten Wissenschaften entwickeln sich weiterhin auch in Abhängigkeit von Erkenntnissen in den Ursprungswissenschaften.

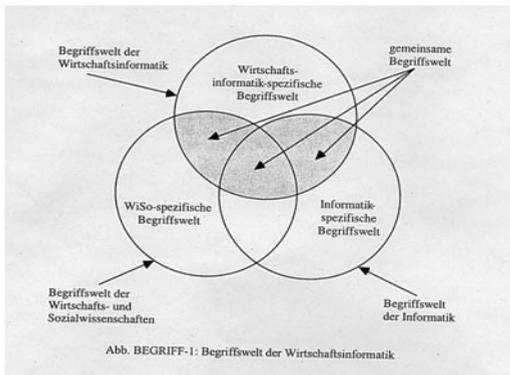
Bei der Integration der Informatik zum Beispiel mit den Biowissenschaften oder den Wirtschaftswissenschaften sowie den Umweltwissenschaften bleibt der Unterschied zwischen den einerseits vorrangigen auf Wirklichkeitserkenntnis und den andererseits vorrangig auf Wirklichkeitskonstruktion orientierten Disziplinen bestehen, deren Forschungsergebnisse durch die damit weiterhin notwendige interdisziplinäre Zusammenarbeit verbunden werden müssen.

Der Begriff der interdisziplinären Disziplin oder Integrationsdisziplin wird nach unserer Kenntnis in der wissenschaftsphilosophischen und wissenschaftstheoretischen Literatur bisher kaum verwendet bzw. sogar vermieden. Er mag in der Tat als in sich widersprüchlich erscheinen, wird aber durchaus zum Beispiel in Lehrbüchern zur Wirtschaftsinformatik verwendet. So schreibt der Wirtschaftsinformatiker Lutz J. Heinrich: „Wirtschaftsinformatik ist eine Integrationsdisziplin. Das heißt auch, dass eine Reihe von Begriffen und Definitionen mit denen übereinstimmt oder mit denen zumindest verwandt ist, die in anderen Disziplinen verwendet werden, wie Abbildung 4 zeigt. Die „Begriffswelt der Wirtschaftsinformatik“, also ihr Begriffssystem, besteht nicht nur aus wirtschaftsinformatik-spezifischen Begriffen und Definitionen, sondern auch aus Begriffen, die in anderen Disziplinen üblich sind, in der Wirtschaftsinformatik aber abweichend definiert werden, sowie auch aus Begriffen und Definitionen, die mit den anderen Disziplinen identisch sind.“⁶⁰

An anderer Stelle heißt es bei Lutz J. Heinrich weiter: „Die Diskussion zeigt, dass die Bezeichnung der Wirtschaftsinformatik als Integrationswissenschaft eher Anspruch als Wirklichkeit ist. Die enge Vernetzung von Theoriebezug und Praxisverbundenheit, von Analyse und Konstruktion, von kreativer Konzeption und Realisierung prägen das Forschungsziel und bestimmen die Forschungsmethode der Wirtschaftsinformatik, so dass es schwer oder sogar unmöglich sein wird, schon in naher Zukunft ein einheitliches Bild zu zeichnen.“⁶¹

60 Heinrich, L. J., *Wirtschaftsinformatik – Einführung und Grundlegung*, München/Wien: R. Oldenburg Verlag . S. 69 – 70.

Abbildung 4: *Begriffswelt der Wirtschaftsinformatik*
 Quelle: Heinrich, L. J., *Wirtschaftsinformatik - Einführung und Grundlegung*. München-Wien: R. Oldenburg, S. 69 - 70.



Die hier verwendete und ausdrücklich hervorgehobene Bezeichnung der Wirtschaftsinformatik als Integrationswissenschaft macht, ob man diesen Begriff verwendet oder nicht, deutlich, dass auch bei der Herausbildung einer neuen Disziplin eine interdisziplinäre Lehr- und Forschungssituation bestehen bleibt. Daher versteht sich die aus der interdisziplinären Zusammenarbeit neu herausgebildete Disziplin weiterhin als eine interdisziplinäre Wissenschaftsdisziplin. Die Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik stammen zumindest aus zwei sehr verschiedenen Quellen. Sie stammen zum einen aus den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften und zum anderen aus den Ingenieurwissenschaften. Von den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften wird vorrangig die Wirklichkeit erforscht, bei den in der Wirtschaftsinformatik angewendeten Modellen, Methoden und Werkzeugen aus den Ingenieurwissenschaften steht die Schaffung neuer Systeme im Vordergrund. Die Schaffung von neuer Wirklichkeit, von neuen Strukturen und Prozessen, kann jedoch nicht völlig unabhängig von der Kenntnis der bestehenden Wirklichkeit erfolgen, in die die neue Wirklichkeit auch wieder integriert werden muss. So muss die durch Formalisierung und Automatisierung hergestellte neue Arbeitsorganisation wieder in die Gesamtorganisation betrieblicher Tätigkeiten integriert werden.

61 Heinrich, L. J., *Wirtschaftsinformatik – Einführung und Grundlegung*, München-Wien: R. Oldenburg Verlag, S. 73.

Trotz der starken Integration, der engen Verflechtung von Wirtschaftswissenschaften und Ingenieurwissenschaften, speziell mit der Technischen und der Praktischen Informatik in der Wirtschaftsinformatik, bleiben die beiden unterschiedlichen Zielstellungen bestehen. Die Verschmelzung ist nicht vollständig. Es gibt weiterhin Forscher, die vorrangig wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Forschungsziele verfolgen, und solche, die vorrangig ingenieurwissenschaftliche Forschungsziele verfolgen, wie zum Beispiel Softwareentwickler. Doch gibt es ebenfalls, wenn auch wenige, so doch immer mehr, Wirtschaftsinformatiker, deren Arbeit durch die vollständige Integration beider Forschungsziele charakterisiert ist, die demnach transdisziplinär arbeiten. Die Entwicklung der (betrieblichen) Umweltinformatik kann ähnlich gesehen werden.

2.4. Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik und die Forderung nach stärkerer wissenschaftstheoretischer und methodologischer Reflexion

Der Praxisbezug bzw. die Gestaltungsorientierung der Wirtschafts- und Umweltinformatik verlangt eine intensive wissenschaftstheoretische und forschungsmethodische Reflexion.

Die Wirtschaftsinformatik und die sich aus ihr heraus entwickelnde betriebliche Umweltinformatik müssen sich den Herausforderungen einer raschen internationalen Entwicklung stellen. Für die Wirtschaftsinformatik, wie sie sich in Deutschland und Österreich entwickelt hat, ist ein gestaltungsorientiertes Selbstverständnis charakteristisch. Dies verlangt nach einer intensiven forschungsmethodischen und wissenschaftstheoretischen Reflexion. Die Forschung in der Wirtschaftsinformatik und betrieblichen Umweltinformatik impliziert starke forschungsmethodische und wissenschaftstheoretische Differenzen zu der in anderen Ländern stärker positivistisch-quantitativ orientierten Information Systems-Forschung. Das Informationssystem-Research, welches im angelsächsischen Raum der Wirtschaftsinformatik entspricht, kommt aus der Kultur der Business Schools und folgt dem Forschungsansatz des Behaviorismus. Das Ziel der Forschung ist hier weniger die Gestaltung von Informationssystemen, sondern die Beobachtung von Eigenschaften der Informationssysteme und des Verhaltens der Nutzer.⁶² Diese Reflexion findet jedoch nicht in ausreichendem Maße statt.⁶³ In diesem Jahr wurde daher von führenden Wirt-

62 Österle, H. / Winter, R. / Brenner, W. (Hrsg.), *Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik: Ein Plädoyer für Rigor und Relevanz – Mit einem Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik*. Infowerk AG, <http://www.infowerk.de>, St. Gallen 2010.

63 Heinrich, L. J. . *Forschungsmethodik einer Integrationsdisziplin: Ein Beitrag zur Geschichte der Wirtschaftsinformatik*. – In: *NTM International Journal of History and Ethics of Natural Sciences, Technology and Medicine*, 13 (2005)(2), S. 104 – 117.

schaftsinformatikern ein „Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik“⁶⁴ formuliert. Unter der Überschrift „Ein Plädoyer für Rigor und Relevanz“⁶⁵ wird ein höheres Methodenbewusstsein für die weitere Entwicklung der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik gefordert.

2.5. *Bemerkung zur Unterscheidung zwischen horizontaler und vertikaler Interdisziplinarität.*

Im Abschlussartikel „Voraussetzungen und Formen interdisziplinärer Forschung“⁶⁶ in dem von ihnen herausgegebenen Buch zum Thema: „Interdisziplinarität in der Forschung“ führen die Herausgeber, Heinrich Parthey und Klaus Schreiber, eine Unterscheidung zwischen vertikaler und horizontaler Interdisziplinarität ein. Als Beispiele für vertikale Interdisziplinarität dient die Entwicklung und Einführung eines neuen Medikaments. Dies könnte analog auch für die Entwicklung und Einführung betrieblicher Informationssysteme gelten. Wie in der wissenschaftstheoretischen Auseinandersetzung zwischen dem „Informationssystem-Research“ Ansatz und dem gestaltungsorientierten Ansatz deutlich wird⁶⁷, würde dies auch zutreffen, soweit nur das Verhalten des Systems und seiner Nutzer untersucht wird. Bei der Gestaltungsorientierung tritt jedoch die horizontale Integration hervor, insbesondere wenn beachtet wird, dass verschiedene Phasen der Zusammenarbeit zwischen Systemgestaltern und Systemnutzern im Gestaltungsprozess mehrfach durchlaufen werden. Hier werden die Ergebnisse nicht nur weitergereicht, wie am Beispiel der Einführung eines Medikaments unterstellt wurde, sondern es wird wiederholt aus disziplinär unterschiedlicher Sicht eng zusammen gearbeitet. Es treten wahrscheinlich beide Formen der interdisziplinären Forschung mit ihren spezifischen Voraussetzungen bei der Gestaltung von sozio-technischen Informationssystemen auf. Charakteristisch ist aber die „horizontale“ Interdisziplinarität, die in den meisten Fällen zur Herausbildung

64 Österle, H. / Winter, R. / Brenner, W. (Hrsg.), Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik: Ein Plädoyer für Rigor und Relevanz – Mit einem Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik. A. a. O..

65 Ebenda.

66 Parthey, H. / Schreiber, K., Voraussetzungen und Formen interdisziplinärer Forschung. – In: Interdisziplinarität in der Forschung. Analysen und Fallstudien. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Klaus Schreiber. Berlin: Akademie Verlag 1983. S. 303 – 309.

67 Karagianis, D., Welche Rolle kann bzw. soll die IT bei der Umsetzung und Unterstützung gestaltungsorientierter WI-Forschung spielen. – In: Österle, H., Winter, R., Brenner, W. (Hrsg.), Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik: Ein Plädoyer für Rigor und Relevanz – Mit einem Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik. Infowerk AG, <http://www.infowerk.de>, St. Gallen 2010, S. 46 – 49.

neuer Fachrichtungen mit allen Kennzeichen einer eigenständigen Disziplin, einschließlich späterer universitärer Lehr- und Ausbildungsinstitute, führt.⁶⁸

2.6. *Entwicklung der Angewandten Informatik – Ausprägung horizontaler Interdisziplinarität durch Überwindung des Sonnenmodells der Informatik*

Die Wirklichkeit wird zunehmend von Systemzusammenhängen geprägt. Sie wirkt auf und in uns als ein hoch komplexes Gefüge. Entsprechend sind die Wissenschaften, die diese Wirklichkeit erfassen wollen, in eine Vielzahl weitgehend heterogener Forschungsrichtungen und Einzeldisziplinen zersplittert. Sie werden aber doch zusammengehalten durch interne systemische Vernetzungen. Diese mögen horizontaler oder vertikaler Natur sein, sie können in Interdisziplinarität, Transdisziplinarität oder auch Supradisziplinarität bestehen.

Zum tieferen Verständnis der zu besprechenden Wissenschaftsentwicklung werfen wir noch einen Blick auf die ursprünglichen Differenzierungs- und Integrationsprozesse, die zur Entwicklung der Informatik und zur Ausdifferenzierung der Anwendungsdisziplinen geführt haben. Der Begriff der Kerninformatik weist schon darauf hin, dass sich, bezogen auf die Anwendung der Methoden der Informatik und die Probleme des Einsatzes der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), in allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens verschiedene Disziplinen der Angewandten Informatik, wie Wirtschaftsinformatik, Medizinische Informatik u.a. und nun zuletzt auch die (betriebliche) Umweltinformatik, herausgebildet haben.

Zu Beginn dieser Entwicklung folgte mancher Informatiker einem sogenannten Sonnenmodell (siehe Abbildung 5). Danach gab es einen festen Bestand an Methoden und Techniken, die auf die anderen Wissenschaften ausstrahlten und deren Entwicklung nachhaltig beeinflussten.

Es zeigte sich sehr bald, dass dies ein sehr einseitiges Bild von der Herausbildung der angewandten Informatikdisziplinen war. So konnte die Informatik zum Beispiel in der Wirtschaft nur etabliert werden, indem sie sich eng mit den relevanten Wirtschaftswissenschaften verband.

Das Puzzlemodell der Informatik (vgl. Abbildung 6) wird der Entwicklung der Informatik, ihrer Prägung durch ihre Anwendungen sowie der Entwicklung der verschiedenen Angewandten Informatiken in ihrer Wechselbeziehung mit der Kerninformatik und untereinander gerechter als das einseitige Sonnenmodell.

Die (betriebliche) Umweltinformatik hat als Teil der Angewandten Informatik/Wirtschaftsinformatik und Teil der Umweltinformatik heute viele interdisziplinäre

68 Parthey, H., *Institutionalisierung disziplinärer und interdisziplinärer Forschungssituationen.* – In diesem Jahrbuch.

Abbildung 5: *Herausbildung der Angewandten Informatikdisziplinen*
 Quelle: Steinmüller, W., *Informationstechnologie und Gesellschaft - Einführung in die Angewandte Informatik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1993. S. 20.

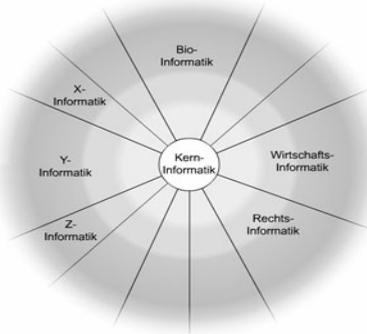
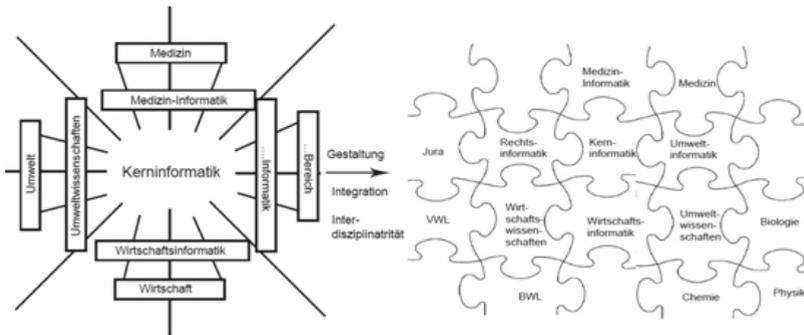


Abbildung 6: *Puzzlemodell der Informatik*
 Quelle: Röhrs, M. / Wohlgemuth, V. / Wolf, B., *Umweltinformatik als Gestaltungswissenschaft*. – In: *Workshop der Studierenden im Rahmen des IFIP-Weltkongresses 1994, Universität Hamburg, Fachbereich Informatik Mitteilung Nr. 237*, S. 31; siehe auch: Steinmüller, W., *Informationstechnologie und Gesellschaft - Einführung in die Angewandte Informatik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1993. S. 27.



Beziehungen zu anderen, Angewandten Informatiken, wie zum Beispiel Bio-Informatik, Medizinische Informatik, Geo-Informatik, Rechtsinformatik und anderen entwickelt.

Die Forderungen an die Informatik, wie sie sich aus dem massiven Einsatz der Informations- und Kommunikationstechnologien in allen Lebensbereichen, aus den intensiven Wechselbeziehungen mit den Anwendungen, ergeben, werden aus einer engen technokratischen Sicht ungenügend beachtet. Diesen „blinden Fleck“ gilt es zu überwinden.

3. Interdisziplinarität: ein Grunderfordernis moderner Hochschulbildung - speziell bei Lehre im Spannungsfeld zwischen formalem Modell und nichtformaler Welt

These:

In den letzten Jahren hat eine Institutionalisierung der Umweltinformatik, wie unter anderem der betrieblichen Umweltinformatik, mit spezifischen Lehr- und Forschungsgebieten, an verschiedenen Universitäten und Hochschulen stattgefunden. Die Anforderungen aus der Praxis des betrieblichen Umweltmanagements, des Umweltschutzes, der Klimaforschung und andere führten zur Ausprägung eines entsprechenden Absolventenprofils. Der interdisziplinären Forschungssituationen in der Umweltforschung und Umweltinformatik wird in der Lehre durch interdisziplinäre Lehrprogramme Rechnung getragen, damit bei der Anwendung der Methoden der Informatik zur Gestaltung betrieblicher Umweltinformationssysteme die Spezifik des Anwendungsgebietes entsprechend berücksichtigt werden kann.

3.1. Interdisziplinarität in der Lehre der Umweltinformatik

Die betriebliche Umweltinformatik versteht sich als ein interdisziplinärer Studiengang, der Wissen aus den Umwelt- und Wirtschaftswissenschaften sowie der Informatik zu einem ganzheitlichen Konzept zur Unterstützung des Nachhaltigkeitsgedankens und Umweltmanagements in Betrieben vereint. Speziell die starken Umstrukturierungen des Studiengangs in den letzten Jahren sowie die Herausforderungen der Profilierung im nationalen und internationalen Rahmen machen eine verstärkte wissenschaftstheoretische Reflektion der Institutionalisierung und Interdisziplinarität der betrieblichen Umweltinformatik erforderlich.

Auf der Grundlage eines Vergleiches mehrerer Studiengänge auf dem Gebiet der Umweltinformatik kann aufgezeigt werden, inwieweit von tatsächlicher Interdisziplinarität auch in der Ausbildung auf dem Gebiet der Umweltinformatik gesprochen werden kann. Ob überhaupt an Universitäten und Hochschulen interdisziplinär gelehrt werden kann und soll, wird gegenwärtig intensiv und konträr diskutiert.

Aus dieser Sicht gibt es in Auswertung der Studiengänge zwar unterschiedliche Herangehensweisen an die Konzipierung der Lehre, aber keinen Zweifel an deren Interdisziplinarität. Es konnten in Deutschland sechs Studienprogramme zur Umwelthinformatik identifiziert werden, die das Thema Umwelthinformatik entweder als eigenes Studienprogramm oder als Vertiefungsrichtung behandeln.⁶⁹ Sie sollen im Folgenden dargestellt und verglichen werden:⁷⁰

- Universität Bayreuth – Angewandte Informatik (Umwelthinformatik)
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin – Betriebliche Umwelthinformatik
- Leuphana Universität von Lüneburg – Major/Minor
- Universität von Oldenburg – Informatik (Umwelthinformatik)
- Hochschule Ostwestfalen-Lippe – Angewandte Informatik (Umwelthinformatik)
- Universität von Göttingen – Angewandte Informatik

Im Referat von Bernd Page und anderen⁷¹ wurden zudem weitere Studiengänge aus dem EU-Bereich aus Großbritannien und Frankreich vorgestellt.

3.2. Studiengänge Umwelthinformatik in Deutschland

Im Folgenden werden entsprechend den Ausführungen von Bernd Page und anderen auf der internationalen Konferenz „EnviroInfo 2009“⁷² verschiedene Studiengänge Umwelthinformatik an deutschen und europäischen Universitäten und Hochschulen vorgestellt und verglichen.

69 Die Vorstellung der Studiengänge folgt der Darstellung, wie sie von Udo Hensel in seiner Seminararbeit zum Thema „Einfluss der Informatisierung auf die Wissenschaftsentwicklung (Umwelthinformatik) in ihrer Institutionalisierung und Interdisziplinarität“ im Seminar „Technikfolgenabschätzung“ unter Leitung von Klaus Fuchs-Kittowski an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Studiengang „Betriebliche Umwelthinformatik“, Berlin, am 10.02.2010 gegeben wurde.

70 Page, B. / Wohlgemuth, V. / Kiekheben, U., Review of Environmental Informatics Education in Germany and selected European Universities. – In: EnviroInfo 2009, Volume 2. Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. Aachen: Shaker Verlag; 2009, S. 71 – 77; Vogel, U. / Sonnenschein, M., Studyprogrammes in Environmental Informatics at Carl von Ossietzky University of Oldenburg (Germany). – In: EnviroInfo 2009, Volume 2. Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. Aachen: Shaker Verlag 2009. S. 79 – 86; Wohlgemuth, V., Studyprogramms in Industrial Environmental Informatics at HTW Berlin (Germany). – In: EnviroInfo 2009, Volume 2. Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. Aachen: Shaker Verlag 2009, S. 87 – 91.

71 Page, B. / Wohlgemuth, V. / Kiekheben, U., Review of Environmental Informatics Education in Germany and selected European Universities. A.a.O.

72 Ebenda.

Zu Beginn des Referats zur Ausbildung auf dem Gebiet der Umweltinformatik in Deutschland und ausgewählten Europäischen Universitäten stellen Bernd Page und andere fest: “The core characteristic of the emerging discipline of Environmental Informatics is an interdisciplinary endeavour resulting from a blurring of the boundaries between applied informatics (including information systems) and environmental sciences as well as a number of areas in the natural and social sciences as well as in economics. Therefore, all educational efforts in Environmental Informatics are based on a strong trans-disciplinary approach.”⁷³

Der Schwerpunkt liegt auf Studienprogrammen mit einem signifikanten Anteil an Informatik, entsprechend den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Informatik für die Bachelor- und Master-Abschlüsse. Die Klassifizierung der Gesellschaft für Informatik unterscheidet folgende Typen von Informatikstudiengängen:⁷⁴

- Typ 1: Informatikanteil von mindestens 65 Prozent.

- Typ 2: Spezielles Anwendungsbereich mit einem Informatikanteil von mindestens 50 Prozent (Wirtschaftsinformatik 1, Technische Informatik, Medieninformatik, Medizininformatik und so weiter).

- Typ 3: Interdisziplinäre Studiengänge mit gleichgewichtigen Anteilen. (Wirtschaftswissenschaften in einem Studiengang Wirtschaftsinformatik) Elektrotechnik und Maschinenbau in einem Mechatronik-Studiengang, und so weiter).

Für diese drei Studiengangstypen teilt sich die Verantwortung nach folgendem Schema auf:

- Typ 1: Informatik allein verantwortlich.

- Typ 2: Informatik verantwortlich in Absprache mit dem beteiligten Anwendungsfach.

- Typ 3: Informatik mit den beteiligten Fachdisziplinen gemeinsam verantwortlich.

3.2.1. Universität Bayreuth – Angewandte Informatik (Umweltinformatik)

An der Universität von Bayreuth wird ein durchgehendes Bachelor- und Master-Programm im Bereich Angewandte Informatik, mit der Spezialisierung auf die Umweltinformatik und deren Problemstellungen, angeboten. Die Studenten können zwischen speziellen Gebieten wählen: wie Umweltmodellierung, Umweltechemie, Hydrologie und so weiter. Dabei bleibt der Lehrstoff in Informatik,

73 Vgl. Page, B. / Wohlgemuth, V. / Kiekheben, U., Review of Environmental Informatics Education in Germany and Selected European Universities. – In: *EnviroInfo 2009*, Volume 2. Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. A. a. O., S. 71.

74 Siehe <http://www.gi-ev.de/fileadministration/redaktion/empfehlungen/akkreditierung.pdf>

Mathematik in all diesen interdisziplinären Kursen identisch für alle Anwendungsgebiete.

Das Master-Programm in Angewandter Informatik ermöglicht eine Auswahl zwischen den am Ort gelehrt Hauptanwendungsgebieten der Umweltinformatik: Hydrologie und Bodenökologie. Das Master-Programm wird individuell mit dem gewählten Betreuer abgestimmt und ist stärker forschungsorientiert.

3.2.2. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin – Betriebliche Umweltinformatik

An der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin gibt es schon seit einigen Jahren ein Bachelor- und Master-Programm auf dem Gebiet der betrieblichen Umweltinformatik. Dies ist ein einzigartiges Konzept eines interdisziplinär angelegten Studiengangs, welcher den produktionsintegrierten Umweltschutz zum Ziel hat. Dazu werden breit gefächerte Kenntnisse in den Bereichen Informatik, Naturwissenschaft und Ökonomie vermittelt. Das so erlangte Wissen wird innerhalb eines dreimonatigen Praktikums vertieft und praxisnah angewandt.

Im Master-Programm wird das Wissen vor allem im Bereich Simulation und Modellierung sowie Entscheidungsunterstützungssysteme, Software-Qualitätsmanagement und Projektmanagement vertieft. Um die Praxisorientierung noch zu verstärken, werden weiterhin zwei Projekte in beteiligten Firmen durchgeführt.⁷⁵

3.2.3. Leuphana Universität Lüneburg – Major/Minor

Die Leuphana Universität Lüneburg orientiert sich an einem anderen Studienmodell für die Bachelorstudiengänge. Jeder Student muss hier einen Major (circa 50 Prozent), einen Minor (circa 16,6 Prozent), einige ergänzende Studien (circa 16,6 Prozent) sowie das Leuphana-Einstiegssemester (circa 16,6 Prozent) absolvieren. Das Einstiegssemester und die ergänzenden Studien müssen von allen Studierendengruppen besucht werden. Die Studierenden erhalten hier Einblicke in unterschiedliche Disziplinen. Um einen Abschluss in Umweltinformatik zu erhalten, muss der Student als Major Informatik und als Minor Nachhaltige Entwicklung (stark auf Humanwissenschaften bezogen) belegen. Hierbei ist der Informatikanteil allerdings wesentlich höher als bei vergleichbaren Studienange-

75 Siehe Bachelorstudiengang Betriebliche Umweltinformatik, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, 2009; Wohlgemuth, V., Studyprogrammes in Industrial Environmental Informatics at HTW Berlin (Germany). – In: EnviroInfo 2009, Volume 2. Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. Aachen: Shaker Verlag 2009. S. 87 – 91; H. Junker und andere (Hrsg.), Werkstattberichte aus der betrieblichen Umweltinformatik. Volume 1,2,3,4, Aachen: Shaker Verlag.

boten. Es gibt auch die Möglichkeit, einen Major in Umweltwissenschaften und einen Minor in Angewandter Informatik abzulegen, wobei hier der Informatikanteil lediglich Grundkenntnisse vermittelt und nur als Zusatzqualifikation auf dem Gebiet der Informatik anzusehen ist.

3.2.4. Universität Oldenburg – Informatik (Umweltinformatik)

In der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg wird ein Informatikstudium (Bachelor und Master seit 2007, vorher Diplom) mit einer Spezialisierung auf Umweltinformatik angeboten. Die Studierenden können ihre Spezialgebiete aus den Bereichen Umweltsystem oder Umweltökonomie wählen. Das Studium vermittelt mit 90 CPs für Informatik und nur 36 CPs für die Anwendungsgebiete einen hohen Informatikanteil (siehe nachfolgende Tabelle) und orientiert stark auf Projektarbeit im Master. Wie man sieht, ist der Anteil der Wahlfächer, in denen man umweltrelevante Themen aus den oben genannten Bereichen wählen kann, gering. Das Gebiet „Umweltinformatik und Gesellschaft“ gehört jedoch zu den auszuwählenden Wahlpflichtfächern.

Tabelle 1: Bachelor-Programm des Informatikstudienganges in Oldenburg
Quelle: Page, B. / Wohlgemuth, V. / Kiekheben, U., Review of Environmental Informatics Education in Germany and selected European Universities. – In: Wohlgemuth, EnviroInfo 2009, Volume 2; Ed. by B. Page and K. Voigt. Aachen: Shaker Verlag; 2009. S. 71 – 77.

1. Semester	Programmierung & Algorithmen	Programmierung in Java	Computer Engineering I	Diskrete Strukturen	Mathematik I (Lineare Algebra)
2. Semester	Algorithmen & Datenstrukturen	Soft Skills	Computer Engineering II	Theoretische Computerwissenschaft I	Mathematik II (Kalkulation I)
3. Semester	Informationssysteme I	Software Engineering	Wahlfach	Theoretische Computerwissenschaft II	Mathematik (speziell)
4. Semester	Computernetzwerke I	Software Projekt	Hardwarelabor	Betriebssysteme I	Wahlfach (P)
5. Semester	Informatik & Gesellschaft		Wahlfach	Wahlfach	Wahlfach (P)
6. Semester	Bachelorthesis-Module (BSc Thesis und Seminar)		Forschungsseminar	Wahlfach	Wahlfach

3.2.5. Hochschule Ostwestfalen-Lippe – Angewandte Informatik (Umweltinformatik)

Die Hochschule Ostwestfalen-Lippe bietet ein Bachelor-Programm der Angewandten Informatik mit Schwerpunkt Umweltinformatik an. Der Bachelor kann in zwei Formen erworben werden: Einmal regulär mit einem sehr ausgeglichenen Anteil an Informatikinhalten und den individuell gewählten Anwendungsgebieten (zum Bei-

spiel: Landschaftsplanung, Wassertechnologie und so weiter). Aber auch in einem dualen Modus. Es gibt also einerseits die normalen Kurse und andererseits ein professionelles Training und Instruktionen in Unternehmen. Der duale Modus führt zusätzlich zu einem IHK-Abschluss (Chambers of Commerce Degree). Im Masterstudiengang mit dem Abschluss in Umweltwissenschaft ist eine Spezialisierung auf Ingenieurwissenschaft und Modellierung möglich, als Schnittstelle zwischen Technik und Informatik. Der Anteil an Informatik ist dabei jedoch eher gering.

3.2.6. Universität Göttingen – Angewandte Informatik

An der Georg-August-Universität Göttingen wird zum einen der Master in Angewandter Informatik vergeben. Er baut auf einem ähnlich strukturierten Bachelorsabschluss auf. Die Hauptanwendungsgebiete liegen im Bereich der Ökoinformatik und Waldökosysteme. Die inhaltliche Verteilung ist gut zwischen Informatik, Anwendungsgebiet und Praxis verteilt. Zum anderen wurde an der Georg-August-Universität Göttingen erst kürzlich in der Graduated School of Terrestrial Ecosystems ein spezialisiertes PhD-Programm entwickelt, welches die Umweltinformatik als einen wesentlichen Bestandteil hat (Vgl. Abbildung 7). Die Umweltinformatik wird hier als Synthese von Bioinformatik, Geoinformatik, Ökoinformatik sowie wissenschaftliches Computing gesehen. Unter dem Dach der Umweltinformatik sollen ein Wissenstransfer und eine Integration der verschiedenen Teilgebiete des Umweltsystems über alle Ebenen stattfinden, vorangetrieben und verbessert durch die modernen Methoden und Technologien der Informatik.

3.2.7. Gegenüberstellung der vorgestellten Studiengänge

Im Rahmen einer Studie zur Erstellung einer allgemein gültigen Übersicht deutscher Umweltinformatikstudiengänge wurde gleichzeitig eine Einteilung in die von der Gesellschaft für Informatik (GI) empfohlene und entwickelte Gliederung von Informatikstudiengängen vorgenommen (vgl. Tabelle 2). Die Standards und Grundsätze der Gesellschaft für Informatik gelten sowohl für Informatikstudiengänge im engeren Sinne als auch für alle interdisziplinären Studiengänge, in denen der Informatikanteil im Curriculum größer als oder zumindest genauso groß ist wie der Anteil der anderen beteiligten Fachdisziplinen.⁷⁶ Nach Betrachtung der Studiengänge ergeben sich folgende Resultate: Aus den Übersichten (Tabellen 2 und 3) wird deutlich, dass nahezu alle untersuchten Studiengänge als interdisziplinär eingestuft werden

76 Siehe <http://www.gi-ev.de/fileadmin/redaktion/empfehlungen/akkreditierung.pdf>. Abrufdatum: 06.11.09

können. Inwieweit dies tatsächlich zutrifft, ist ohne weitere Recherchen nur schwer zu sagen.

Abbildung 7: *Angewandte Informatik an der Universität Göttingen*
 Quelle: GAUSS Promotionsprogramm für Umweltinformatik (PEI)
<http://www.uni-goettingen.de/de/30826.html>

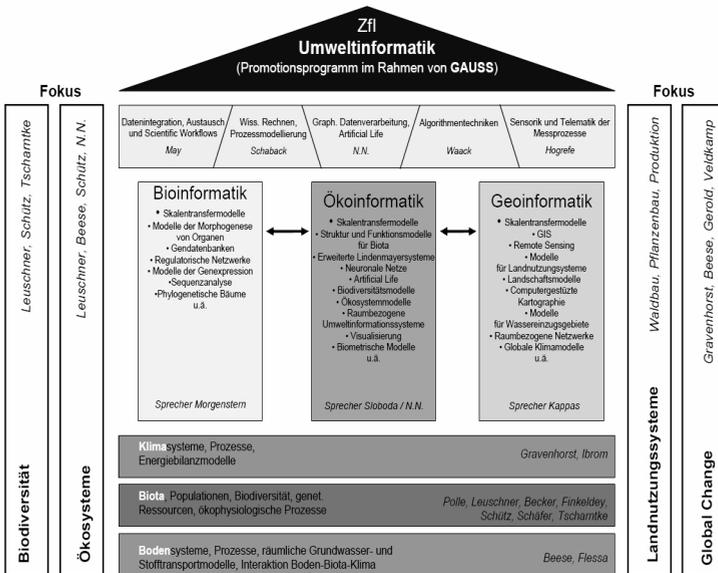


Tabelle 2: Vergleich deutscher UI Bachelor-Studiengänge

Quelle: Page, B. / Wohlgemuth, V. / Kiekheben, U., Review of Environmental Informatics Education in Germany and selected European Universities. – In: EnviroInfo 2009, Volume 2; Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. Aachen: Shaker Verlag 2009. S. 71 –77. modifiziert.

Bachelor Programme	Universität Bayreuth	Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin	Leuphana Major Informatics	Universität Oldenburg	Hochschule Ostwesfalen-Lippe
Credit Points (CP)	CP	CP	CP	CP	CP
Bachelorthesis	15	15	15	18 (inkl. Projekt)	14
Praktische Phase		15			
Summe	15	30	15	18	14
Kategorie					
Informatik	80	66	75	90	Mind. 65
Anwendungsgebiet	52	38	30	36	Höchst 43§
GI Typ	2	2	2	1	2

Tabelle 3: Vergleich deutscher UI Master-Studiengänge

Quelle: Page, B. / Wohlgemuth, V. / Kiekheben, U., Review of Environmental Informatics Education in Germany and Selected European Universities. – In: EnviroInfo 2009, Volume 2; Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. Aachen: Shaker Verlag; 2009. S. 74. modifiziert.

Master Programme	Universität Bayreuth	Hochschule Technik und Wirtschaft Berlin	Leuphana Major Informatics	Universität von Oldenburg	Hochschule Ostwesfalen-Lippe
Credit Points (CP)	CP	CP	CP	CP	CP
Masterarbeit	30	30	30	30	30
gesamtes Studium	120	120	120	120	120
Kategorie					
Informatik	30-48	39	Minimum 35	48	Höchstens 32
Anwendungsgebiet	30-48	24	Minimum 18	12	Minimum 35
Praktika / Projekte	12-30 (Umweltinformatik)	18 (Betriebliche Umweltinformatik)	9 (extern) + 6 (Informatik)	24 (Informatik)	12 Umweltwissenschaften)
GI Typ	Typ 2	Typ 2	Typ 2	Typ 1	Typ 3

3.3. Europäische Master Studiengänge

Jetzt sollen noch einige Umweltinformatikstudiengänge im europäischen Raum vorgestellt werden.

3.3.1 Großbritannien⁷⁷

In Großbritannien gibt es Umweltinformatik (Environmental Informatics) nur ab dem Master an drei Universitäten (180 CPs). Wenn Studierende nicht den ganzen Masterstudiengang bestehen, sind Zwischenabschlüsse (Postgraduate Diploma, und so weiter) möglich.

Leicester:

Der Schwerpunkt liegt im Bereich der GIS-Technologieentwicklung. Andere Basismodule sind Nachhaltige Entwicklung und theoretische Forschungsmethoden. Die Studenten können weitere Auswahlkurse, zum Beispiel aus den Bereichen Klimawandel, Umweltökonomie oder Ressourcenmanagement, wählen.

Innerhalb des zweiten Semesters wird durch eine Exkursion der Einfluss des globalen Wandels auf den Ostafrikanischen Regenwald behandelt. Der Informatikanteil im Studium ist differenziert, beträgt aber immer mindestens 50 Prozent.

Lancaster:

Der Schwerpunkt des Studiums liegt hier bei der Geoinformatik. Das Studium wird unter der Schirmherrschaft des Lancaster Environment Center (LEC) durchgeführt. Die Studenten werden zum einen mit den theoretischen Anforderungen an umweltrelevante Daten konfrontiert und zum anderen mit den praktischen Problemen ihrer Überführung von der digitalen Datenverarbeitung in die Umweltdomäne. Wie auch in Leicester sind viele Wahlfächer für die Studenten verfügbar. Der Informatikgehalt der Kurse liegt dabei ebenfalls mindestens bei 50 Prozent.

Bournemouth:

Das Studium an der Universität Bournemouth unterscheidet sich von den beiden vorher genannten in dem Ziel, die Studierenden speziell für hochrangige Beraterpositionen in Wirtschaft und Regierung auszubilden. Daher sind Schwerpunkte des Studiums Umweltrecht und Entscheidungsunterstützungssysteme. Zusätzlich werden professionelle Praktika in verschiedenen Regierungseinrichtungen durchgeführt. Der Informatikanteil dieses Studiums ist relativ gering.

77 Vgl. Page, B. / Wohlgemuth, V. / Kiekheben, U., Review of Environmental Informatics Education in Germany and selected European Universities. – In: EnviroInfo 2009, Volume 2. Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. A. a. O., S. 75.

3.3.2 Frankreich⁷⁸

Auch in Frankreich gibt es nur Masterprogramme. Diese sind jedoch etwas anders aufgebaut als die zuvor geschilderten. Der Master (Dauer zwei Jahre) ist in M1 und M2 aufgeteilt. Bei einer Wahl von M1 für Umweltwissenschaften und M2 für Informatik entsteht ein vergleichbares Modell zur deutschen Umweltinformatik. Da der Anteil an Informatik im M1 praktisch nicht vorhanden ist, im M2 aber bis zu 100 Prozent beträgt, entsteht eine in etwa 50 Prozent/50 Prozent-Verteilung der Studieninhalte auf die jeweiligen Disziplinen. Diese Kombination wird aber nur an zwei Universitäten angeboten. In beiden Fällen ist der M2 inhaltlich (Programmierung, Datenbanken, Computerarchitektur und so weiter) nahezu identisch.

La Rochelle:

Der M1 Umweltwissenschaften hat hier einen starken Fokus auf Angewandte Geographie und Küstenmanagement, beschäftigt sich also stark mit dem Thema Küstenschutz. Weiterhin stehen, in beiden Jahren, viele Kurse aus einem breiten Spektrum zur Auswahl.

Paris:

Der Schwerpunkt der Umweltwissenschaften (M1) kann hier zwischen Ökologie, Chemie, Geologie, Ökonomie, Medizin und so weiter gewählt werden. Zusätzlich gibt es Brückenkurse wie Umweltschutz, Umweltrecht oder Umweltökonomie.

3.4. Für und Wider der interdisziplinären Studiengänge

Interdisziplinarität hat nicht nur positive Wirkungen für die Lehre. Wenn es sich bei dem gemeinsam erforschten Gebiet um wirklich neue Forschungsgegenstände handelt, dann führt dies in der Lehre leicht zu Überschneidungen bzw. Wiederholungen. Dies muss von den für die Lehre Verantwortlichen und insbesondere von den Studierenden aufgegriffen und kritisiert werden. Wenn Interdisziplinarität auch zusammenschweißen kann, so führt sie jedoch auch leicht zu einem Mangel an innerer Kohärenz. Denn sie bringt zusätzliche Belastungen, da der Mitarbeiter einer interdisziplinären Einrichtung nicht nur die Qualifikation zur interdisziplinären Zusammenarbeit haben muss, sondern sich zugleich immer auch in der jeweiligen Disziplin zu bewähren hat. Dies kann bei einer fruchtbaren Entwicklung in der jeweiligen Disziplin, wie auch bei besonderen äußeren Belastungen, zum Beispiel bei Unverständnis gegenüber der Spezifik interdisziplinärer Lehre und Forschung bei Ausschreibungen bzw. Bewertung der Leistungen,

zu einer geringeren inneren Kohärenz führen. Dies bekommen die Studierenden dann auch in der einen oder anderen Form zu spüren. Auch aus den angeführten Beispielen der Lehre auf dem Gebiet der Umweltinformatik lassen sich Vor- und Nachteile interdisziplinärer Studiengänge feststellen. Sie sollen im Folgenden gegenübergestellt werden (siehe Tabelle 4 von Udo Hensel⁷⁹). Dabei ist es natürlich wichtig, den unterschiedlichen Blickwinkel auf diese Problematik zu berücksichtigen. Daher wird im Schema in Klammern auf die jeweils angesprochene Gruppe Studenten und/oder Professoren hingewiesen. Udo Hensel schreibt zu seiner Auswertung: „Auch wenn optisch die Contras überwiegen, sind die Pros einzeln stärker anzusehen. In jedem Fall setzt eine interdisziplinäre Ausbildung, was das ganzheitliche Verständnis angeht, meiner Meinung nach höhere Anforderungen an Studenten als auch Professoren. So muss man zum Beispiel den Aufwand und die Verantwortung bedenken, die an Professoren gestellt wird, um einen interdisziplinären Studiengang zu entwickeln, das Abwägen, welches Wissen benötigt wird und welches nicht, ist in diesem Fall deutlich schwieriger als bei einem auf eine Disziplin beschränktem Studium.“⁸⁰

3.5. Fazit zur Lehre

Die in der Informatik immer wieder zu stellende Frage: „Was sind gute Informationssysteme“, lässt sich nur auf der Grundlage interdisziplinärer Forschung und Lehre beantworten. Das Entscheidende ist, dass Interdisziplinarität nicht, wie bisher weitgehend, dem Zufall überlassen wird. Sie muss in Lehre und Forschung bewusst organisiert werden. Die Lehre muss auf jeden Fall in Bezug auf den Ausbildungsberuf diszipliniert werden. Die Angewandte Informatik bleibt aber weiterhin eine Interdisziplin bzw. hat weiterhin eine interdisziplinäre Lehr- und Forschungssituation zu bewältigen.

Wenn gegenwärtig Kritik an den bisherigen Ergebnissen des Bologna-Prozesses geübt wird, dann im Wesentlichen nicht an den angestrebten Zielen, sondern an bestimmten Fehlentwicklungen, dass zum Beispiel die angestrebte Mobilität nicht erreicht wurde. In diesem Zusammenhang wird kritisiert, dass die Module zu klein entworfen wurden, dass durch die festgeschriebenen Inhalte (Module) und die modulgekoppelten Prüfungen die Mobilität eingeschränkt wird, die Lernen-

79 Hensel, U., Zum Einfluss der Informatisierung auf die Wissenschaftsentwicklung (Umweltinformatik) in ihrer Institutionalisierung und Interdisziplinarität, Seminararbeit im Seminar „Technikfolgenabschätzung“ unter Leitung von Klaus Fuchs-Kittowski, an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Studiengang „Betriebliche Umweltinformatik“, Berlin 10.02.2010.

80 Ebenda.

den und Lehrenden unter einem permanenten Zeit- und Prüfungsdruck stehen. Die entstandene Vielfalt an disziplinären Studienprogrammen erschwert den Überblick über die Studienmöglichkeiten. Es fehlt an Freiraum für individuelle Schwerpunktsetzung innerhalb eines Studienganges. Die Betreuungsrelation von Studierenden und Lehrenden ist zu schlecht, um einer intensiven, modulorientierten Vermittlung der Lehrinhalte gerecht werden zu können⁸¹.

Soll eine interdisziplinäre Ausbildung gesichert werden, sind gerade diese Probleme vorrangig zu lösen.

Tabelle 4: Gegenüberstellung Vor-/ Nachteile interdisziplinärer Studiengänge
Quelle: Hensel, U., Zum Einfluss der Informatisierung auf die Wissenschaftsentwicklung (Umweltinformatik) in ihrer Institutionalisierung und Interdisziplinarität, Seminararbeit im Seminar „Technikfolgenabschätzung“ unter Leitung von Klaus Fuchs-Kittowski, an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Studiengang „Betriebliche Umweltinformatik“, Berlin 10.02.2010

Pros	Contras
Disziplinübergreifendes Wissen wird vermittelt. (Studenten)	Zusammenhänge zwischen den Disziplinen müssen geklärt werden. (Professoren)
Bessere Berufschancen nach dem Studium. Durch Wissen in mehreren Bereichen, speziell für Teamleiter und Führungsebenen interessant. (Studenten)	Höhere Belastung während des Studium, da sich mit mehreren Disziplinen auseinander gesetzt werden muss. (Studenten)
Steigerung des allgemeinen Verständnisses komplexer Strukturen. (Studenten)	Disziplinen werden evtl. nicht mit dem nötigen Tiefgang behandelt, bzw. nur soweit um die Relation zu einer anderen Disziplin zu verstehen. (Professoren)
	Studium kann weniger individuell sein, da bereits von der Studienordnung her zu viele Vorlesungen festgelegt sind. (Professoren)
	Man wird bspw. von Kerninformatikern evtl. nicht ernst genommen. (Studenten/Professoren)

81 Verband Hochschule und Wissenschaft (VHW) – Empfehlungen zur Weiterentwicklung gestufter Studiengänge („Bologna-Prozess“). Entwurf vorgestellt auf der Tagung des VHW in Fulda, 12. – 13. März 2010.

4. *Die komplexen Umweltprobleme verlangen eine interdisziplinäre Umweltforschung*

4.1. *Fachgebietsübergreifende Problemstellung bei der Gestaltung betrieblicher Umweltinformationssysteme*

Die (betriebliche) Umweltinformatik versteht sich heute als eine Gestaltungswissenschaft zur Realisierung der Vision der Nachhaltigkeit.⁸² Ihre Anwendung kann Nachhaltigkeit in ihren drei Dimensionen bzw. Säulen ökologische Nachhaltigkeit, ökonomische Nachhaltigkeit und soziale Nachhaltigkeit fördern. Manche sprechen heute sogar von einer „Sustainable Informatics“.

Diese drei Säulen bzw. Dimensionen der Nachhaltigkeit dürfen insbesondere bei der Unterstützung durch die moderne IKT nicht getrennt voneinander gesehen werden, sondern in ihren engen Wechselbeziehungen.⁸³ Die Frage ist also, ob jetzt auch schon die höheren Stufen der Zusammenarbeit erreicht wurden?

A) Die am Erkenntnisprozess beteiligten Disziplinen verwenden die für sie spezifischen Methoden und Theorien. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit besteht im Austausch von Resultaten ohne Auswirkungen auf die innere Struktur und die Methoden der jeweiligen Disziplin.

B) Es ist zumindest teilweise schon die Stufe einer integrierten Zusammenarbeit erreicht worden, so dass bei der Untersuchung eines gemeinsamen Forschungsgegenstandes Theorie und Methoden der integrierten Disziplinen hinsichtlich eines gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungszieles aufeinander abgestimmt und verschmolzen werden. Damit kommt es zur Modifikation der ursprünglichen Theorien, Methoden und Begriffssysteme, bis hin zur Gewinnung neuer Theorien, Methoden und Konzepte, die die Ursprungsdisziplinen übergreifen.⁸⁴ Ein Beispiel für das Erreichen dieser Stufe ist die Anwendung von Stoffstromnetzen.⁸⁵ Hier haben wir es mit einer Methode aus der Informatik zu tun, die heute bei vielen Problemstellungen der Umweltforschung angewandt wird. Wie zu zeigen ist, erfolgt

82 Rolf, A. / Möller, A., Sustainable Development: Gestaltungsaufgabe für die Informatik, – In: Informatik-Spektrum, 19(1996), S. 206 – 223.

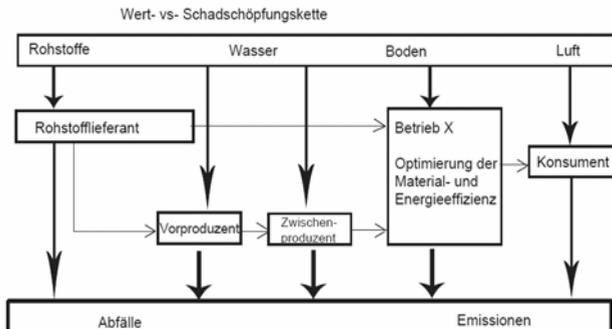
83 Widok, A., Masterthesis zum Thema: Nachhaltigkeit durch Umweltinformatik am Beispiel der Konzeption und Entwicklung Petrinetz-basierter Simulationswerkzeuge, HTW-Berlin, 2009; Vgl. Naumann, S., Sustainable Informatics – A new Subfield of Applied Informatics? – In: EnviroInfo 2008. Ed. by A. Moeller, B. Page and M. Schreiber. Aachen: Shaker Verlag 2009. S. 387.

84 Siehe Baumgärtner, S. / Becker, C. (Hrsg.), Wissenschaftsphilosophie interdisziplinärer Umweltforschung. Marburg: Metropolis Verlag 2005. S. 75 – 76.

85 Möller, A. / Häuslein, A. / Rolf, A., Öko-Controlling in Handelsunternehmen – Ein Leitfaden für das Stoffstrommanagement, Berlin/Heidelberg/New York: Springer Verlag 1997.

durch die Umwelthinformatik eine eigenständige theoretische Fundierung der Anwendung der Methode auf der Grundlage einer Verschmelzung von betriebswirtschaftlichen und die Umwelt schützenden sowie Informatikerkenntnissen und Methoden.

Abbildung 8: *Wert- und Schadschöpfungskette*
 Quelle: Möller, R., *A Sustainable Development: Gestaltungsaufgabe für die Informatik.* - In: *Informatik-Spektrum.* 19(1996), S. 206 - 223.

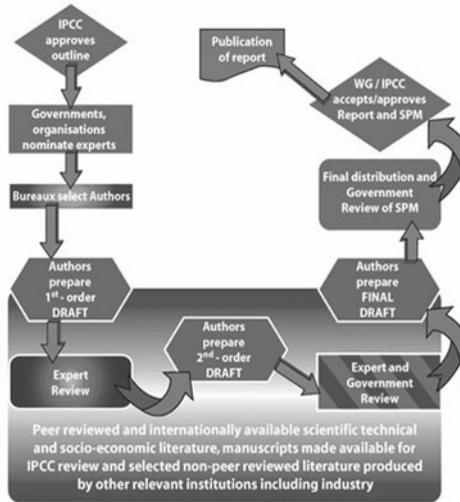


Grundlage war zunächst die Erkenntnis, dass mit jeder Wertschöpfungskette eine Schadschöpfungskette verbunden ist. Bei jeder Wertschöpfung in der materiellen Produktion werden Rohstoffe, Wasser, Boden und Luft verbraucht und zugleich, außer dem gewünschten Produkt, Abfälle und Emissionen erzeugt (Abbildung 8).

Die Schadschöpfungskette muss der Wertschöpfungskette als das ökologische Pendant gegenübergestellt werden. Auf dieser Grundlage lässt sich dann der Umweltverbrauch durch die Produktionsprozesse zum Beispiel in Form von sogenannten Ökobilanzen nachweisen. Die Stoffströme lassen sich wiederum mit Abbildungsmethoden aus der Informatik, beispielsweise durch Petrinetze, die von dem bekannten Informatiker Carl A. Petri⁸⁶ für die Darstellung nebenläufiger Prozesse entwickelt wurden, analysieren. Auch zur Analyse der Wertschöpfungsketten mit Vor- und Nachketten für Umweltverbrauch und Emissionen wird heute die Darstellung durch Petrinetze als sog. Stoffstromnetze verwendet. Basierend auf diesen theoretischen Grundlagen und Darstellungsmethoden wurde zum Beispiel das betriebliche Informationssystem Umberto⁸⁷ entwickelt. Es wird genutzt zur:

86 Petri, C. A., *Kommunikation mit Automaten.* Bonn: Rheinisch Westfälisches Institut für Instrumentelle Mathematik an der Universität Bonn, Dissertation, 1962.

Abbildung 9: *Modell des IPCC-Berichtsprozesses*
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data.htm
 Abrufdatum 06.11. 09



- Erstellung einzelner Produktökobilanzen,
- Analyse der Stoff- und Energieströme,
- Optimierung umweltrelevanter Stoff- und Energieströme in Betrieben,
- Ökologische Optimierung von Produkten,
- Erstellung betrieblicher Umweltberichte,
- Erarbeitung der Grundlagen eines Öko-Audits.

Hier werden also Theorien und Methoden der integrierten Disziplinen bezogen auf ein gemeinsames Forschungs- und Entwicklungsziel aufeinander abgestimmt und verschmolzen, so dass es zur Modifikation der ursprünglichen Theorien, Methoden⁸⁸ und Begriffssysteme kommt, bis hin zur Gewinnung neuer Theorien, Methoden und Konzepte, die die Ursprungsdisziplinen übergreifen. Wir können bei der (betrieblichen) Umweltinformatik also durchaus als von einer neuen Dis-

87 Siehe <http://www.umberto.de>

88 Page, B., Diskrete Simulation. Eine Einführung mit Modula-2. Springer Verlag 1991; Girault, C. / Valk, R., Petri Nets for Systems Engineering: A Guide to Modelling, Verification, and Applications. Springer Verlag 2001.

ziplin sprechen. Es gibt dabei auch Rückwirkungen auf die Ursprungsdisziplin Kerninformatik, denn die Anwendung von Petrinetzen zur Simulation komplexer Umweltprobleme gehört heute zum generellen Methodenarsenal.⁸⁹ Einen Beitrag zu leisten zur Entwicklung einer nachhaltigen Informationsgesellschaft führt auch zu grundsätzlichen Veränderungen in den Lehr- und Forschungskonzepten der sog. Kerninformatik.

4.2. Fachgebietsübergreifende Problemstellung bei der Klimaforschung

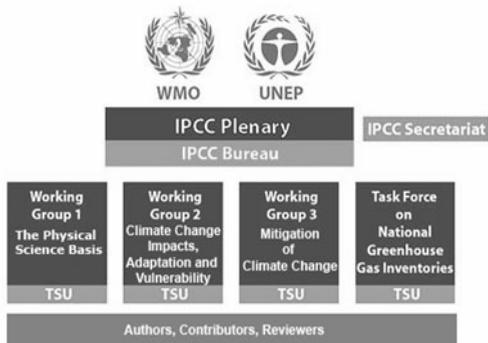
These:

Durch die nationale und internationale Klimaforschung werden Kenntnisse über das Klimasystem, über die Folgen der Klimaveränderungen und die Wirkungen möglicher Gegenmaßnahmen sowohl disziplinär als auch interdisziplinär gewonnen. Die Klimaforschung beruht, wie kaum eine andere Forschung, auf der Entwicklung und Anwendung der Modellmethode. Nur durch Interdisziplinarität der Forschung, die Verbindung der Modellmethode mit anderen Forschungsmethoden, durch die internationale Forschungskooperation, unterstützt durch internationale Organisationen (wie das International Panel for Climate Change) sowie die Nutzung der globalen digitalen Netze (das Internet), durch internationale Standards der Modellentwicklung und Anwendung sowie weltweiten Vergleich der Ergebnisse wird es möglich, die Unsicherheiten, die mit der Anwendung der Modellmethode verbunden sind, schrittweise zu überwinden⁹⁰.

89 Wohl gemuth, V., Komponentenbasierte Unterstützung von Methoden der Modellbildung und Simulation im Einsatzkontext des betrieblichen Umweltschutzes - Konzeption und prototypische Entwicklung eines Stoffstromsimulators zur Integration einer stoffstromorientierten Perspektive in die auftragsbezogene Simulationssicht. Shaker Verlag 2005; Wohl gemuth, V. / Schnackenbeck, T. / Panic, D. / Barling, R. L., Development of an Open Source Software Framework as a Basis for Implementing Plugin-Based Environmental Management Information Systems (EMIS). EnviroInfo 2008 Beitrag; Jahr, P.; Schiemann, L. / Wohl gemuth, V., Development of simulation components for material flow simulation of production systems based on the plugin architecture framework EMPINIA, 2009.

90 Fuchs-Kittowski, K., IT Support of International Collective Scientific Research to Limit the Human-induced Climate Change – The Impact of Computer (-Networks) on the Organization of Science and the Culture of Scientific Work. – In: Information Technology and Climate Change 2nd International Conference IT for empowerment. Berlin: Trafo Verlag 2009. S. 107 – 132.

Abbildung 10: *Organisationsstruktur des IPCC*
 Quelle: http://www.ipcc.ch/organization/organization_structure.htm.
 Abrufdatum 06. 11. 09



4.2.1. International Panel for Climate Change: Eine interdisziplinäre Organisation – zur Organisation interdisziplinärer Forschung

Der anthropogen induzierte Klimawandel stellt heute die Menschheit vor die größte Herausforderung. Dies stellt gleichzeitig die höchsten Anforderungen an eine interdisziplinäre Forschung und an die weltweite Zusammenarbeit der Wissenschaftler fast aller Disziplinen. Diese Zusammenarbeit wird beispielhaft organisiert durch die Arbeit des International Panel for Climate Change (IPCC). Dies ist so jedoch nur denkbar auf der Grundlage der Nutzung der globalen digitalen Netze.⁹¹

Für den letzten Bericht „Climate Change 2007“⁹² wurden das International Panel for Climate Change und Al Gore mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichnet⁹³. Die Berichte unterliegen einem strikten Bewertungsprozess (siehe Abbildung 9).⁹⁴

Dieser Prozess wird auf Basis einer für eine global agierende Institution verhältnismäßig einfach strukturierten Organisation (siehe Abbildung 10) durchgeführt. Das Sekretariat des International Panel for Climate Change plant und überwacht die

91 Ebenda.

92 Intergovernmental Panel on Climate Change, Report 2007.

93 Siehe: <http://www.tagesschau.de/ausland/friedensnobelpreis4.html>. Abrufdatum: 08. 02. 10.

94 Vgl. Hauser, W. (Hrsg.), Klima: das Experiment mit dem Planeten Erde. München: Deutsches Museum und die Münchener Rückversicherungsgesellschaft 2003. S. 135 – 136.

Aktivitäten der „technischen Unterstützungseinheiten“ (TSU), welche wiederum je nach Fachgebiet die eingereichten Daten überprüfen (siehe Abbildung 10). Aus dem Schema wird ersichtlich, dass die von Wissenschaftlern weltweit eingereichten Berichte (Daten) mehrfach überprüft werden. Im ersten Schritt aus einer fachübergreifenden Expertensicht, im zweiten durch Experten und Regierungen. In letzter Instanz prüfen die Regierungen den finalen Entwurf und werten die „Zusammenfassung für die politischen Entscheidungsträger“ (SPM) aus.⁹⁵

4.2.2. Spezifik der Klimamodellierung

These:

Forschung und Entwicklung sind heute meist in größeren Verbänden organisiert, so dass viele Mitarbeiter oftmals an verschiedenen, weit auseinander liegenden Orten zur Erreichung des gemeinsamen Forschungszieles über größere Entfernungen hinweg kooperieren müssen. Digitale Medien und elektronische Vernetzungen werden zunehmend als Mittel gesehen, die Effektivität und Effizienz dieser Kooperation zu erhöhen. Dies wird in der Umweltinformatik zum Beispiel bei der Klimaforschung besonders deutlich.

Mit den hier genannten Entwicklungen zeichnet sich ein tiefgehender Wandel in der Kultur der wissenschaftlichen Arbeit, verbunden mit Veränderungen im wissenschaftlichen Denken, in der Methodologie der Wissenschaften ab.⁹⁶

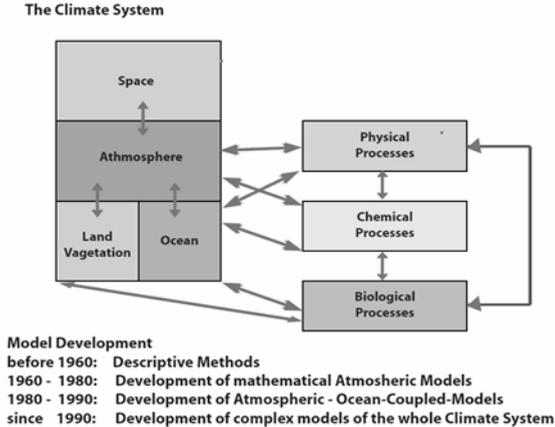
Das International Panel for Climate Change stellt heute die in der Form größte interdisziplinär angelegte Forschungsinstitution der Welt dar. Hauptgrund dafür ist die gewaltige Problemstellung, welche Wissenschaftsdisziplinen und Ländergrenzen gleichermaßen überschreitet. Bei der hochgradig interdisziplinären Klimaforschung spielt die moderne Informations- und Kommunikationstechnologie eine besonders wichtige Rolle. Ohne die Möglichkeiten des Internets und des damit einhergehenden Daten- und Wissensaustausches wäre es unmöglich, die global aufgezeichneten Messdaten effizient in einem angemessenen zeitlichen Rahmen auszuwerten. Nur mit Hilfe der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien sind wir in der Lage, die gesammelten Forschungsergebnisse miteinander zu kombinieren, um auf dieser Grundlage „Klimamodelle“⁹⁷, als essentieller Bestandteil der Klimaforschung zu entwickeln. Nur auf Basis der Klimamodelle ist es uns heute möglich,

95 Daschkeit, A. / Dombrowski, W. R., Die Realität einer Katastrophe. Gesellschaftliche Diskurse zum Klimawandel. - In: Ökologische Aufklärung. 25 Jahre „Ökologische Kommunikation“. Hrsg. v. Christian Büscher u. Klaus Peter Japp. Wiesbaden: VS Verlag 2010. S. 69 - 95.

96 Wohlgemuth, V. (Eds.), Information Technology and the Climate Change. Berlin: Trafo Verlag 2008; Vgl. Hauser, W. (Hrsg.), Klima: das Experiment mit dem Planeten Erde. Deutsches Museum und die Münchener Rückversicherungsgesellschaft München 2003.

Abbildung 11: *Entwicklung komplexer Klimamodelle*

Quelle: Cubasch, U. / Kasang, D., *Anthropogener Klimawandel*. Gotha: Klett-Perthes Verlag 2003



durch Experimente und Simulationen Strategien für die Zukunft zu entwickeln.⁹⁸ Hierzu gibt es jedoch entscheidende erkenntnistheoretische Probleme zu klären, wie insbesondere im Streit um die Aussagen der Klimaforscher vor und nach dem gescheiterten Klimagipfel von Kopenhagen besonders deutlich wurde.

Die Pros und Contras zu den Grundaussagen des International Panel for Climate Change weisen auf diese Problematik der Modellanwendung hin. Gegenwärtig hat die Diskussion eine besondere Zuspitzung erfahren.⁹⁹

Solche Vorwürfe sind nicht neu. Die sogenannten Klimaskeptiker haben dem International Panel for Climate Change schon zuvor vorgeworfen:

- (Ver-)Fälschung von Statistiken,
- Einseitige Forschung auch durch Industrie.

Bisher ist nichts eingetreten, was/wie es der International Panel for Climate Change vorausgesagt hat ("The whole process is a swindle."; Vincent R. Gray - ehemaliger Forscher des International Panel for Climate Change).

97 Vgl. Fuchs-Kittowski, K., IT-Support of International Collective Scientific Research to Limit the Human-Induced Climate Change. – In: Information Technology and the Climate Change. Ed. by V. Wohlgemuth. Berlin: Trafo Verlag 2008. S. 107 – 132.

98 Vgl. Ebenda.

99 siehe DER SPIEGEL vom 25.01.2010, S. 124.

Wir werden hier nicht auf die umfangreiche Diskussion zwischen Skeptikern und Befürwortern des Klimawandels eingehen. Es sei hier lediglich gesagt, dass die Klimasituation immer noch zu komplex ist, um verlässlich vorhergesagt zu werden. Dies ist ein Grund mehr, die Fakten nicht zu bestreiten, sondern daran zu arbeiten auf der Grundlage der Fakten, die zugrunde liegenden wesentlichen Zusammenhänge besser zu erschließen. Dies hat unter anderem auch dazu geführt, dass sich der bekannte Wissenschaftshistoriker und Wissenschaftstheoretiker Paul Edwards¹⁰⁰ mit den wissenschaftstheoretischen Grundlagen der Umweltmodellierung genauer beschäftigt hat. Er hebt hervor, dass es gegenwärtig eine stark politisch motivierte Debatte zwischen den sogenannten "high-proof scientists" und den sogenannten "frontier scientists" gibt. Diese Debatte nimmt ihren Ausgangspunkt von der fehlleitenden Trennung zwischen Modell und Daten. Diese fehlorientierende politische Debatte führt zu einer Karikatur der gegenwärtigen Klimaforschung, schreibt Paul Edwards. Eine wirkliche wissenschaftstheoretische Analyse dieser Forschung zeige hingegen, dass es nicht um eine Forschung um der Forschung willen geht! Gute und ehrliche Wissenschaft kann sich auf ein Modell gründen, wenn Daten und Theorie in ihrer Einheit gesehen werden. Klimamodelle sind datengeladen und diese Klimadaten sind theoriegeladen. Es gilt also, die Modellmethode im Ensemble der verschiedenen Methoden der Wissenschaft zu sehen. Wie von uns wiederholt betont wurde, gibt es Unbestimmtheiten in den Aussagen der Modelle. Die gilt es anzuerkennen und durch Festlegung genauer Vorschriften für die Entwicklung und Arbeit mit Modellen zu verringern.

Es muss darauf verwiesen werden, dass es hier nicht um Erkenntnismodelle, sondern um Steuermodelle geht, für die andere Wissenschaftskriterien gelten. Hier gilt es, auf der Grundlage der gewonnen Erkenntnisse zu Aussagen für künftiges Handeln zu kommen.

Das Schema Klimasystem¹⁰¹ zeigt den Fortschritt, der in den letzten Jahren bei der Entwicklung der Klimamodelle erzielt wurde. Es konnten immer mehr Teilsysteme des komplexen Klimasystems in die Modelle integriert werden. Doch kann dies dazu führen, dass die Modelle als Blackbox genutzt werden. Die Theorie wird dem Experimentator und Praktiker mitgeliefert, so dass interdisziplinäre Zusammenarbeit im ursprünglichen Sinne des Wortes nicht mehr erforderlich erscheint. Hier wird es aus der Sicht der Informatik wahrscheinlich wichtig, die Modelle stär-

100 Edwards, P., Modelle, Daten, Ungewissheit und die Politik in der weltweiten Klimawissenschaft. – In: Hauser, W. (Hrsg.), Klima: das Experiment mit dem Planeten Erde. München: Deutsches Museum und die Münchener Rückversicherungsgesellschaft 2003. S. 139–149.

101 Cubasch, U., Hübner, H., 21st Century Climate Change as Simulated by European Climate Models. IPCC 29.-31.5 Hong Kong 2007.

ker zu modularisieren sowie zu dokumentieren und so eine flexiblere Arbeit mit den Modellen zu erreichen¹⁰², wozu echte Zusammenarbeit erforderlich ist.

Untersuchungen an Modellen werden zum Kristallisationspunkt der internationalen, kooperativen, interdisziplinären Forschung. Dafür müssen jedoch auch weiterhin entsprechende erkenntnistheoretische bzw. wissenschaftstheoretische und wissenschaftsorganisatorische Voraussetzungen geschaffen werden, will man der Veränderung der Forschungssituation gerecht werden.

Die besondere Komplexität der Umweltforschung wurde von uns auch deshalb nochmals betont, um abschließend die Frage zu diskutieren, inwieweit man hier gezwungen ist, die Disziplinen zu verlassen und damit über die Interdisziplinarität hinausgehend eine transdisziplinäre Forschung zu entwickeln.

4.3. Interdisziplinarität und Transdisziplinarität

Umweltprobleme als komplexe Wissenschaftsprobleme an der Schnittstelle von ökonomischen, ökologischen und sozialen Systemen, können durch die disziplinär strukturierte Wissenschaft allein nicht befriedigend gelöst werden. Ihre nachhaltige Lösung erfordert eine Integration von Natur-, Technik-, Human-, Sozial- und Geisteswissenschaften. Es wird deutlich, dass eine bewusste Anwendung komplexer wissenschaftlicher Vorgehens- und Sichtweisen, wie die Inter-, Multi- und Transdisziplinarität, neue Zugänge zu Problemstrukturen und Problemlösungen eröffnen.

Zunehmend wird der Begriff der Transdisziplinarität auch im Zusammenhang mit der Umweltinformatik¹⁰³, mit der Umweltforschung und Lehre verwendet. Für die Verwendung dieses Begriffes gibt es noch kein einheitliches Verständnis. Daher hebt Lutz-Günther Fleischer hervor: „Erstrebenswert und obligatorisch sind also größere Klarheit und wirksamere Kooperationen, weil Phänomene und Begriffe wie Komplexität, Inter- und Transdisziplinarität Schlüsselfunktionen für das Verständnis essenzieller gegenwärtiger und zukunftsbestimmender, fundamentaler wissenschaftlicher, technischer und gesellschaftlicher Entwicklungen haben sowie des bewussten Engagements verschiedenster Akteure bedürfen.“¹⁰⁴

102 Fuchs-Kittowski, K., IT Support of international Collective Scientific Research to Limit the Human-induced Climate Change – The Impact of Computer (-Networks) on the Organization of Science and the Culture of Scientific Work. – In: Information Technology and the Climate Change – 2nd International Conference IT for empowerment. Ed. by V. Wohlgemuth. Berlin: Trafo Verlag 2009. S. 107 – 132.

103 Page, B. / Wohlgemuth, V. / Kiekheben, U., Review of Environmental Informatics Education in Germany and Selected European Universities. – In: EnviroInfo 2009, Volume 2. Ed. by V. Wohlgemuth, B. Page and K. Voigt. A. a. O., S. 71 – 77.

Abbildung 12: *Die Modellmethode im Ensemble der anderen wissenschaftlichen Methoden*



Nach Jürgen Mittelstraß¹⁰⁵ wird damit im deutschen Sprachraum ein Prinzip integrativer Forschung bezeichnet. Transdisziplinarität als Prinzip integrativer Forschung ist ein methodisches Vorgehen, das wissenschaftliches Wissen und praktisches Wissen verbindet.¹⁰⁶ Man erkennt, dass gerade bei der Problemorientierung der angewandten Forschung, dass diese Forschung nicht nur interdisziplinär sondern auch transdisziplinär voran getrieben werden muss. Dabei sieht man Interdisziplinarität mehr als eine innerwissenschaftliche Fragestellung der heute in einzelne Disziplinen aufgeteilten akademischen Wissenschaft, während Transdisziplinarität jenseits jeder Wissenschaftsdisziplin bedeutet. Denn die Anwendungsorientierung richtet sich auf lebensweltliche Probleme, die sehr oft in keiner Wissenschaftsdisziplin entsprechend formuliert und untersucht werden können.

Auch Interdisziplinarität offenbart hier engere Grenzen. Ein weiterer Gesichtspunkt, nach dem oftmals zwischen Transdisziplinarität, Interdisziplinarität und Multidisziplinarität unterschieden wird, ist demnach auch der Grad der Integration der beteiligten Disziplinen.

Transdisziplinäre Forschung geht von komplexen gesellschaftlichen Problemstellungen aus, die zwar als wissenschaftliches Problem formuliert werden können, aber nicht allein aus den wissenschaftsinternen Diskursen hervorgehen.

104 Fleischer, L.-G., Komplexität, Inter- und Transdisziplinarität. In: Veröffentlichung in: LIFIS ONLINE. [15.04.10] <http://www.leibniz-institut.de> .

105 Mittelstraß, J., Auf dem Wege zur Transdisziplinarität. - In: GAIA. 1(1992). S. 250.

106 Mittelstraß, J., Transdisziplinarität – wissenschaftliche Zukunft und institutionelle Wirklichkeit. Konstanzer Universitätsreden Bd. 214, Konstanz 2003.

Transdisziplinarität beschränkt sich dann oftmals nicht nur auf den Wissenschaftsbereich, sondern bezieht den Bereich der Anwendung bis hin zur unmittelbaren praktischen Erfahrung mit ein. Dies gilt in der Informatik insbesondere im Rahmen der partizipativen Systemgestaltung, bei der davon ausgegangen wird, dass der Endnutzer in die Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung einbezogen sein muss. Denn er ist der Experte für den zu automatisierenden bzw. durch IKT-Anwendungssysteme zu unterstützenden Arbeitsprozess.

Die Gestaltung von Informationssystemen, die in und für betriebliche Organisationen funktionieren sollen, hat ihrem Wesen nach nicht nur wissenschaftliche, sondern auch außerwissenschaftliche Aspekte. Man bedarf zur Analyse, Synthese und Implementierung von IKT-Anwendungssystemen komplexer Wissenschaftsprinzipien zur Modellentwicklung und insbesondere bei der Einführung und Weiterentwicklung auch außerwissenschaftliches Wissen, so insbesondere Wissen aus einer wissenschaftlich begründeten Praxis und auch lebensweltliches Wissen.

Transdisziplinarität bedarf Methoden, Modelle und Verfahren, die über die Dominanz einer einzelnen Disziplin hinausgehen. Es sind theoretische Grundbegriffe erforderlich, die über mehrere Disziplinen Erkenntnisse fundieren. Dazu bietet sich die Allgemeine Systemtheorie, die evolutionäre Systemtheorie, mit dem für Natur-, Technik- und Sozialwissenschaften fruchtbaren Prinzip der Selbstorganisation sowie eine auf den allgemeinen Zusammenhang orientierte, synthetische Philosophie¹⁰⁷ heute schon an.

Während Jürgen Mittelstraß davon ausgeht, dass diese Sichtweise der Wissenschaft schon immer mehr oder weniger inhärent war, betont Günter Ropohl einen Paradigmenwechsel.¹⁰⁸

Für Jürgen Mittelstraß handelt es sich „keineswegs um ein neues theoretisches oder methodologisches Paradigma“¹⁰⁹, sondern um eine schon zuvor gehandhabte Forschungsperspektive, die aber jetzt wichtiger geworden ist und immer stärker zu einem forschungsleitenden Prinzip und einer wissenschaftlichen Organisationsform wird bzw. werden muss.

107 Kanitscheider, B., Zum Verhältnis von analytischer und synthetischer Philosophie. – In: Perspektiven der Philosophie. Neues Jahrbuch. Amsterdam. Bd. XI. S. 91 – 111 (T 1). Bd. XII. S. 153 – 173 (T.2), (1985/1986).

108 Ropohl, G., Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode. – In: Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis, Nr. 2. Karlsruhe 2005, S. 24 – 31; Ropohl, G., Jenseits der Disziplin – Transdisziplinarität als ein neues Paradigma. – In: LIFIS-ONLINE [21.03.10], http://www.leibniz-institut.de/cms/pdf_pub/ropohl_21_03_10.

109 Mittelstraß, J., Methodische Transdisziplinarität. – In: Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis Nr. 2. Karlsruhe 2005, S. 18 – 23.

Günter Ropohl betont dagegen, dass es sich bei der Transdisziplinarität um ein eigenständiges Paradigma handelt, welches der Disziplinarität und Interdisziplinarität gegenüber steht.¹¹⁰ Denn Transdisziplinarität als neues Paradigma verweist insbesondere auf die Grenzen disziplinären Wissens. Transdisziplinarität zielt auf eine ganzheitliche Sichtweise. Auf der Grundlage unverzichtbarer disziplinärer Kompetenzen zielt Transdisziplinarität auf Erkenntnisgewinn und Handlungsempfehlungen in Kooperation mit den unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen.

Wie Günter Ropohl betont, sind Technikwissenschaften im Prinzip transdisziplinär. Sie seien sich dieser Tatsache nur noch nicht genügend bewusst. Dies hat seinen Grund insbesondere auch darin, dass sie sich selbst, wie auch die Informatik, immer gerne als angewandte Naturwissenschaften verstehen wollten. Heute erweist sich diese Sichtweise auf die Technikwissenschaften, nicht nur in der Informatik und Umweltinformatik, als viel zu eng.

5. Fazit: Interdisziplinarität verlangt die Schaffung entsprechender wissenschaftstheoretischer und wissenschaftsorganisatorischer Voraussetzungen

Die Informatik, insbesondere computergestützte Modelle, bilden einen entscheidenden Grundstein für die Interdisziplinarität. Die modernen Informationstechnologien haben eine Interdisziplinarität fördernde Funktion in der gegenwärtigen Forschung, was schon früh festgestellt wurde¹¹¹.

Veronika Fuest hat in ihrem Artikel "Alle reden von Interdisziplinarität aber keiner tut es - Anspruch und Wirklichkeit interdisziplinären Arbeitens in Umweltforschungsprojekten" den Finger auf viele wunde Stellen gelegt. Sie verweist in dieser Arbeit auf die Diskrepanz zwischen Programmatik (Ideologie) und Umsetzung bzw. Umsetzbarkeit (Praxis) der allseits geforderten interdisziplinären Wissenschaftskooperation in Umweltforschungsprojekten, die sich durch das Zusammenwirken von Natur- und Sozialwissenschaften auszeichnen.¹¹² Sie hebt sowohl erkenntnistheoretisch-methodologische sowie organisatorische und auch institutionelle Faktoren

110 Ropohl, G., Jenseits der Disziplin – Transdisziplinarität als ein neues Paradigma. – In: LIFIS-ONLINE [21.03.10], http://www.leibniz-institut.de/cms/pdf_pub/ropohl_21_03_10.

111 Pilgrim, J. / Fuchs-Kittowski, K., Interdisziplinäre Funktion der Informationstechnologie in der biowissenschaftlichen Forschung. – In: Interdisziplinarität in der Forschung. Analysen und Fallstudien. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Klaus Schreiber. Berlin: Akademie Verlag 1983. S. 277 – 301.

112 Fuest, V., Alle reden von Interdisziplinarität aber keiner tut es – Anspruch und Wirklichkeit interdisziplinären Arbeitens in Umweltforschungsprojekten. Göttingen/Bonn 2004. S. 1.

hervor, die zu dieser Diskrepanz zwischen Anspruch und Realität interdisziplinärer Praxis beitragen.

Die Erforschung der komplexen Umweltprobleme kann nicht die Aufgabe einzelner wissenschaftlicher Disziplinen sein, sondern ist die gemeinsame Aufgabe der Natur-, Struktur-, Ingenieur-, Human-, Sozial- und Geisteswissenschaften.

Trotz aller berechtigten Kritik an der realen Situation und den berechtigten Forderungen der Wissenschaftspolitik, die notwendigen erkenntnistheoretischen und wissenschaftsorganisatorischen Konsequenzen zu ziehen, ist unser Fazit:

Es bleibt dabei, Interdisziplinarität ist eine der Stärken der Umweltinformatik. Interdisziplinarität hat jedoch in der Tat nicht nur Vorteile, sondern kann größere Schwierigkeiten machen.

Es gibt deutlich eine Diskrepanz zwischen der notwendigen Forderung nach Interdisziplinarität, speziell auch persönlicher Interdisziplinarität und Kooperation, und ihrer Umsetzbarkeit bei der Wissenschaftskooperation in der Umweltforschung.

Wie deutlich wird, sind für diese Diskrepanz zwischen Anspruch und Realität interdisziplinärer Praxis sowohl erkenntnistheoretisch-methodologische, organisatorische und institutionelle Faktoren verantwortlich.

Interdisziplinarität in der Umweltforschung verlangt daher die Berücksichtigung spezieller erkenntnistheoretisch-methodologischer, organisatorischer, institutioneller Bedingungen und ein spezifisches Anreizsystem.

Interdisziplinarität in der Umweltforschung und Lehre verlangt insbesondere auch eine Verbesserung der Kommunikation in den interdisziplinären Forschungs- und Lehrinrichtungen, wozu ebenfalls institutionellen Veränderungen erforderlich sind.

Interdisziplinarität in der Lehre der Umweltwissenschaften/Umweltinformatik verlangt nach Intensivierung und Vertiefung zum Beispiel auch durch Doktorandenseminare und anderen Formen der Weiterbildung.

Interdisziplinarität ist nicht nur ein wissenschafts-methodischer Prozess sondern ein komplexer sozialer Prozess.

Interdisziplinarität verlangt die Befähigung zu persönlicher Interdisziplinarität und die Möglichkeit intensiver Kooperation.

Interdisziplinarität ist somit kein Selbstzweck und auch nicht nur „nebenbei“ zu etablieren.

Die Umweltinformatiker sind sich der notwendigen Interdisziplinarität von Lehre und Forschung auch deshalb bewusst, da sie wissen, dass die komplexen Umweltprobleme nicht mit technischen Mitteln alleine, wie dem Einsatz von (betrieblichen) Umweltinformationssystemen, gelöst werden können. Erforderlich ist eine progressive Gesellschaftskonzeption¹¹³, die auf die Entwicklung einer nachhaltigen Informationsgesellschaft für alle orientiert und damit auf die Verminderung

von Herrschaft über Menschen, auf kooperative zwischenmenschliche Beziehungen gerichtet ist. Die eine Wissenschaft, Technik und Ethik hervorbringt, die uns die Bewältigung der globalen Umweltprobleme sowie ein Leben in Wohlstand und Frieden ermöglicht.