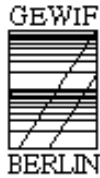

**Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft:
Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010**

Herausgegeben von Klaus Fischer, Hubert Laitko und Heinrich Parthey

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Klaus Fischer,
Hubert Laitko,
Heinrich Parthey (Hrsg.)

**Interdisziplinarität und
Institutionalisierung
der Wissenschaft**

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2010

Mit Beiträgen von:

Michael Böcher • Jens Clausen

Klaus Fischer • Klaus Fuchs-Kittowski

Erhard Gey • Horst Kant • Max Krott

Hubert Laitko • Harald A. Mieg

Heinrich Parthey • Volker Wohlgemuth

Wissenschaftsforschung **2010**
Jahrbuch

Bibliographische Informationen Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-86573-590-4

© 2011 Wissenschaftlicher Verlag Berlin
Olaf Gaudig & Peter Veit GbR
www.wvberlin.de
Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung, auch einzelner Teile, ist ohne Zustimmung des Verlages ist unzulässig. Dies gilt insbesondere für fotomechanische Vervielfältigung sowie Übernahme und Verarbeitung in EDV-Systemen.

Druck und Bindung: Schaltungsdienst Lange o.H.G.,
Berlin
Printed in Germany
40,00 EURO

Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	7
HEINRICH PARTHEY <i>Institutionalisierung disziplinärer und interdisziplinärer Forschungssituationen</i> ...	9
KLAUS FISCHER <i>Interdisziplinarität im Spannungsfeld zwischen Forschung, Lehre und Anwendungsfeldern</i>	37
MICHAEL BÖCHER & MAX KROTT <i>Institutionalisierung multi- und transdisziplinärer Umweltwissenschaften durch Ressortforschungseinrichtungen</i>	59
HARALD A. MIEG <i>Wie evaluiert man die gesellschaftliche Institutionalisierungs-Wirkung eines neuen Studienganges? Das Beispiel der Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich</i>	81
KLAUS FUCHS-KITTOWSKI & VOLKER WOHLGEMUTH <i>Umweltinformatik und Umweltforschung - in ihrer Institutionalisierung und Interdisziplinarität</i>	99
ERHARD GEY <i>Interdisziplinäre Forschungssituation und Kooperationsformen der Quantenchemie</i>	153
HORST KANT <i>Integration und Segregation: Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg zwischen interdisziplinärem Verbund und Ensemble disziplinärer Institute</i>	175
HUBERT LAITKO <i>Das Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt: Gründungsintention und Gründungsprozess</i>	199
JENS CLAUSEN <i>Innovative Neurotechnologie: ethische und anthropologische Implikationen</i>	239

<i>Autoren</i>	251
<i>Bibliographie Klaus Fischer.</i> <i>Zusammengestellt anlässlich seines 60. Geburtstages</i>	253
<i>Bibliographie Frank Havemann.</i> <i>Zusammengestellt anlässlich seines 60. Geburtstages</i>	267
<i>Publikationen der Mitglieder im Jahre 2009</i>	273
<i>Namensregister</i>	285
<i>Sachregister</i>	293

Vorwort

Die Entwicklung der Wissenschaften und ihrer Ordnungssysteme sowie die hierauf begründeten Forschungs- und Lehrprofile sind durch zwei gegenläufige, sich jedoch wechselseitig bedingende Tendenzen gekennzeichnet: einmal den Drang zur zunehmenden Differenzierung in Disziplinen und zum anderen die dadurch ausgelöste Bewegung zur Zusammenarbeit dieser Fachrichtungen im Interesse eines weiteren Erkenntnisfortschritt. Beide Tendenzen scheinen in Schüben und asynchron zu verlaufen. Sie erfassen nicht das gesamte Wissenschaftssystem, sondern zeigen sich in spezifischen disziplinären Konstellationen.

Letztlich gilt hierbei die von Max Planck bereits in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts geäußerten Auffassung über die Wissenschaftsdisziplinen: „Ihre Trennung nach verschiedenen Fächern ist ja nicht in der Natur der Sache begründet, sondern entspringt nur der Begrenztheit des menschlichen Fassungsvermögens, welche zwangsläufig zu einer Arbeitsteilung führt.“¹

Für eine gedeihliche Entwicklung der Wissenschaft ist es wichtig, die jeweils erkennbaren Voraussetzungen der Interdisziplinarität in der Forschung zu fördern, entsprechende Formen zu entwickeln und die dabei entstehenden institutionellen und curricularen Probleme zu lösen. Auf dieser Grundlage realisiert sich interdisziplinäre Forschung in verschiedenen Formen, von denen einige bereits mehr oder weniger praktiziert und weitere im Verlauf der Wissenschaftsentwicklung in Reaktion auf neue Problemfelder noch stärker in Erscheinung treten werden.

Die Gesellschaft für Wissenschaftsforschung hat sich dieser Fragestellung angenommen und sie im Rahmen ihrer Jahrestagung im Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin am 26. und 27. März 2010 unter dem Thema „Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft“ analysiert und diskutiert. Dabei ist es gelungen, theoretische Überlegungen mit historischen und aktuellen Fakten zu verbinden. Die Ergebnisse dieser Tagung werden in diesem Jahrbuch der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung dem interessierten Leser vorgestellt.

Trier und Berlin, im Oktober 2010
Klaus Fischer Hubert Laitko Heinrich Parthey

1 Planck, M., Ursprung und Auswirkungen wissenschaftlicher Ideen (Vortrag, gehalten am 17. Februar 1933 im Verein Deutscher Ingenieure, Berlin). – In: Planck, M., Wege zur physikalischen Erkenntnis. Reden und Vorträge. Leipzig: S. Hirzel 1944. S. 243.

Institutionalisierung disziplinärer und interdisziplinärer Forschungssituationen

Die Herausbildung neuer Wissenschaftsdisziplinen und neuer Formen der Zusammenarbeit ihrer Vertreter zum weiteren Erkenntnisfortschritt sind zwei sich wechselseitig bedingende Tendenzen der Entwicklung der Wissenschaften und zwar sowohl ihrer Ordnungssysteme als auch der hierauf begründeten Forschungs- und Lehrprofile. Mit diesen beiden Tendenzen kann vor allem der Wandel in der Beziehung zwischen dem Objektbereich der Forschung und dem Gegenstandsbereich der gesellschaftlichen Praxis erfasst werden, der Wissenschaftsdisziplinen als Form von historisch gewordenen und veränderbaren Grenzbeziehungen des Wissens und der Wissensproduktion bedingt. Letztlich gilt hierbei die von Max Planck bereits in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts geäußerten Auffassung über die Wissenschaftsdisziplinen: „Ihre Trennung nach verschiedenen Fächern ist ja nicht in der Natur der Sache begründet, sondern entspringt nur der Begrenztheit des menschlichen Fassungsvermögens, welche zwangsläufig zu einer Arbeitsteilung führt.“¹ Dazu heißt es heute von Renate Mayntz: „Je mehr Faktoren und Zusammenhänge eine Analyse im Interesse der Erklärung eines Systemmerkmals wie Wachstum oder eines Ereignisses wie einer Wirtschaftskrise einbezieht, umso deutlicher stößt sie an zwischen Disziplinen gezogene Wissensgrenzen, die es übrigens nicht nur zwischen Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, sondern auch zwischen diesen und verschiedenen Natur- und Technikwissenschaften gibt. Die Tatsache solcher Wissensgrenzen verweist eindringlich auf die unvermeidliche Beschränktheit disziplinärer Erkenntnismöglichkeiten.“²

Im Handbuch Wissenschaftspolitik wird Interdisziplinarität als Besonderheit von Forschungstypen erwähnt, so „wird die Ressortforschung „als eigenständiger Typ angewandter Forschung“ charakterisiert, der sich durch Besonderheiten von

1 Planck, M., Ursprung und Auswirkungen wissenschaftlicher Ideen (Vortrag, gehalten am 17. Februar 1933 im Verein Deutscher Ingenieure, Berlin). – In: Planck, M., Wege zur physikalischen Erkenntnis. Reden und Vorträge. Leipzig: S. Hirzel 1944. S. 243.

2 Mayntz, R., Sozialwissenschaftliches Erklären. Probleme der Theoriebildung und Methodologie. Frankfurt am Main-New York: Campus Verlag 2009. S. 34.

anderen Forschungstypen abhebt“³. In einem anderen Kapitel des Handbuchs Wissenschaftspolitik zum Wandel der Wissensproduktion⁴ wird darauf hingewiesen, dass „wenn Akteure außerhalb der akademischen Wissensordnung in die Wissensproduktion integriert sind, entstehen Forschungsgebiete, die sich nicht mehr ohne Weiteres in die Matrix der Disziplinen einordnen lassen. In diesem Sinne wird von Transdisziplinarität ... gesprochen.“⁵ Und in der Diskussion um Sinn und Zweck einer Nationalakademie in Deutschland - einem weiteren Kapitel dieses Handbuch⁶ - „trug die mit der Einrichtung einer Nationalen Akademie vielfach verbundene Erwartung einer „einheitlichen Stimme der Wissenschaft“ in kontroversen gesellschaftlichen Fragen weder der funktionsnotwendigen Pluralität und Unabgeschlossenheit des wissenschaftlichen Diskurses noch dem spezifischen Charakter der Beratungsfragen (Unsicherheit, Komplexität, Wertebeladenheit, Transdisziplinarität) Rechnung.“⁷

Wissenschaftsdisziplinen sind historisch bedingte und damit veränderliche Formen der Wissensgewinnung und Wissensreproduktion, in denen sowohl die Art und Weise des wissenschaftlichen Fragens als auch die Bevorzugung bestimmter methodischer Vorgehensweisen von einzelnen Wissenschaftlern erworben und ausgeübt werden und in denen wissenschaftlich Tätige gesellschaftliche Anerkennung erfahren oder erringen können und institutionell etabliert werden.

Ausgehend davon, dass Wissenschaftler sich sowohl bei der Formulierung von Problemen als auch bei der methodischen Bearbeitung von Problemen auf bestimmte Bereiche des theoretischen Wissens beziehen müssen, kann zwischen disziplinären und interdisziplinären Forschungssituationen unterschieden werden.

- 3 Barlösius, E., Ressortforschung. - In: Handbuch Wissenschaftspolitik. Hrsg. v. Dagmar Simon, Andreas Knie u. Stefan Hornbostel. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2010. S. 377 - 389, hier S. 387 - 388.
- 4 Braun-Thürmann, H., Wandel der Wissensproduktion. - In: Handbuch Wissenschaftspolitik. Hrsg. v. Dagmar Simon, Andreas Knie u. Stefan Hornbostel. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2010. S. 71 - 88.
- 5 Ebenda, S. 79.
- 6 Lentsch, J. Akademien der Wissenschaften: Wissensmakler für Politik und Gesellschaft. - In: Handbuch Wissenschaftspolitik. Hrsg. v. Dagmar Simon, Andreas Knie u. Stefan Hornbostel. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2010. S. 406 - 426.
- 7 Ebenda, S. 416.

1. *Disziplinäre und interdisziplinäre Forschungssituationen*

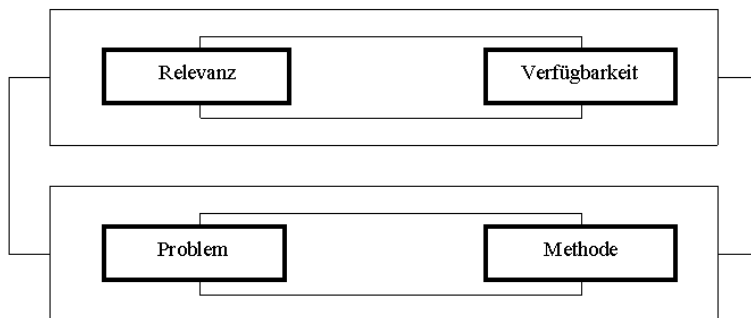
Wissenschaft entwickelt sich durch theoretisches Denken und beobachtende, sei es bloße oder experimentell bedingte beobachtende, Tätigkeit, indem Forscher Erkenntnisprobleme mittels Wissen und Forschungstechnik methodisch lösen. Jedes Problem ist ein Wissen über Situationen in der geistigen oder beobachtenden beziehungsweise praktisch-experimentellen Tätigkeit, in denen das verfügbare Wissen nicht genügt, die Ziele erreichen zu können, und deshalb entsprechend zu erweitern ist.

Im engeren Sinne wird die Kenntnis eines derartigen Wissensmangels nur dann ein Problem genannt, wenn das fehlende Wissen nicht von anderen übernommen werden kann, sondern neu gewonnen werden muss. Ein Forschungsproblem liegt dann vor, wenn für ein System von Aussagen und Fragen über bzw. nach Bedingungen der Zielerreichung kein Algorithmus bekannt ist, durch den der festgestellte Wissensmangel in einer endlichen Zahl von Schritten beseitigt werden kann. Ist ein Algorithmus bekannt, so liegt eine Aufgabe vor. Die begriffliche Unterscheidung zwischen Problem und Aufgabe wurde auch in Arbeiten für die Methodologie der Modellierung fruchtbar gemacht.⁸

Beim wissenschaftlichen Problem sind die Fragen durch das vorhandene Wissen begründet, aber nicht beantwortet. Ein Problem löst sich in dem Maße auf, wie neues Wissen als begründete Informationen die Fragen, die ein wissenschaftliches Problem repräsentieren, beantwortet. Zwischen dem Auftreten einer Problemsituation, die von dem Forscher im Problem erfasst und dargestellt wird, und dem Gegebensein einer Forschungssituation besteht ein wichtiger Unterschied. So muss der kreative Wissenschaftler zwar ein Gefühl für die wirklich entscheidenden Fragen haben, aber er muss zugleich auch das richtige Gespür dafür haben, inwieweit es beim gegebenen Stand der Forschungstechnologie überhaupt möglich sein wird, die Probleme mit dem zur Verfügung stehenden oder zu entwickelnden Instrumentarium wirklich bewältigen zu können. Demnach können unter einer Forschungssituation solche Zusammenhänge zwischen Problemfeldern und Methodengefüge verstanden werden, die es dem Wissenschaftler gestatten, die Problemfelder mittels tatsächlicher Verfügbarkeit an Wissen und Forschungstechnik methodisch zu bearbeiten..

Dem Verständnis der methodologischen Struktur von Forschungssituationen folgend, sind neben den zwei Gebilden Problemfeld und Methodengefüge und den Relationen zwischen ihnen außerdem zu beachten: zum einen die tatsächliche

8 Dresbach, S., *Modeling by Construction – Entwurf einer Allgemeinen Modellierungsmethodologie für betriebliche Entscheidungen*. Lüdenscheid: Schaker Verlag 1996.

Abbildung 1: *Methodologische Struktur der Forschungssituation.*

Verfügbarkeit ideeller und materieller Mittel zur Problembearbeitung und zum anderen die Erkenntnis- und Gesellschaftsrelevanz von Forschungsproblemen (vgl. Abbildung 1). Denn sollen Forschungssituationen mit einem neuartigen Zusammenhang zwischen Problem und Methode sowie Gerät (Soft- und Hardware) herbeigeführt werden, dann können sich von den denkbaren Forschungsmöglichkeiten auch nur die realisieren, für die von der Gesellschaft die entsprechenden Mittel und Kräfte bereitgestellt werden. Entscheidungen darüber sind jedoch von der aufgezeigten Problemrelevanz abhängig.

Die Problemrelevanz, d. h. die Bewertung der Probleme nach dem Beitrag ihrer möglichen Lösung sowohl für den Erkenntnisfortschritt als auch für die Lösung von gesellschaftlichen Praxisproblemen, reguliert letztlich die tatsächliche Verfügbarkeit an wissens- und gerätgemäßen Voraussetzungen zur Problembearbeitung.

Ende der siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts unternahm Wolfgang Stegmüller den Versuch, in Auseinandersetzung mit Thomas Kuhn⁹ den Begriff der normalen Wissenschaft mit Hilfe des Begriffs des Verfügens über eine Theorie zu präzisieren.¹⁰ Der von uns verwendete Begriff der Verfügbarkeit an wissens- und gerätgemäßen Voraussetzungen zur Problembearbeitung ist wesentlich umfassender als der des Verfügens über Theorie, schließt er doch auch die praktische Machbarkeit in der Forschung ein. In einer späteren Version drängt für Stegmüller „alles in Richtung auf eine systematische Pragmatik, in der mit nicht-

9 Kuhn, Th. S., Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1976.

10 Stegmüller, W., Rationale Rekonstruktion von Wissenschaft und ihrem Wandel. Stuttgart: Reclam 1979.

logischen Begriffen gearbeitet wird, wie: Wissenssituation von Personen und deren Wandel; subjektiver Glaube von Personen zu bestimmten Zeiten; Hintergrundwissen, das zu einer bestimmten historischen Zeit verfügbar ist und dergleichen"¹¹. In einem weiteren Versuch in dieser Richtung handelt es sich für Wolfgang Stegmüller „um zusätzliche pragmatische Begriffe, die wir in den Begriffsapparat einbauen müssen, denn „Mensch“, „historischer Zeitpunkt“, „verfügbares Wissen“, „Standards für die Akzeptierbarkeit von Hypothesen“ sind Begriffe dieser Art".¹²

Wird zur Charakterisierung von Forschungssituationen die Beziehung zwischen einem Problemfeld und einer Gesamtheit von Voraussetzungen zur Problembearbeitung betrachtet, dann können verschiedene Forschungssituationen mindestens nach den Grad der Erkenntnis- und Gesellschaftsrelevanz der jeweiligen Problemstellung sowie nach dem Grad der tatsächlichen Verfügbarkeit von Voraussetzungen zur Bearbeitung des jeweiligen Problems, aber vor allem auch nach ihrer wissenschaftlichen als auch nach ihrer gesellschaftlichen Integrität unterschieden werden (vgl. Abbildung 2).

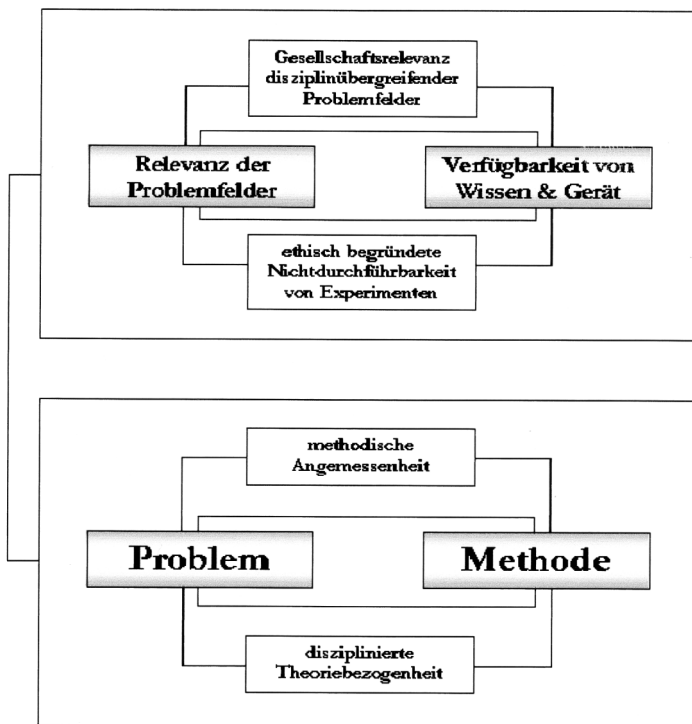
Das Verhältnis zwischen der wissenschaftlich notwendigen Disziplinierung beim methodischen Problemlösen in der Forschung und der gesellschaftlich bedingten Formulierung disziplinübergreifender Problemfelder für die Forschung führt zu einem vermehrten Nachdenken über die Unterscheidung disziplinärer und interdisziplinärer Forschungssituationen: Eine Forschungssituation ist disziplinär, wenn sich sowohl die in ihr formulierten Probleme als auch die in ihr verwendeten Methoden auf ein und denselben Bereich des theoretischen Wissens beziehen, und eine Forschungssituation ist interdisziplinär, wenn Problem und Methode der Forschung in verschiedenen Theorien formuliert bzw. begründet sind.

So beruhen zwei grundlegende Erkenntnisdurchbrüche im 20. Jahrhundert auf frühen Beispielen erfolgreicher Interdisziplinarität in der Grundlagenforschung: einmal die Entdeckung der Kernspaltung durch Otto Hahn und Fritz Straßmann und ihre Interpretation durch Lise Meitner und Otto R. Frisch in den Jahren 1938/39 mit der Fächerkombination Radiochemie - Analytische Chemie - Kernphysik¹³ und zum anderen die Aufklärung der Genstruktur durch James D. Watson und Francis H. Crick im Jahre 1953 mit der Fächerkombination Genetik

11 Stegmüller, W., Vom dritten bis sechsten (siebten?) Dogma des Empirismus. -In: Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie. Hrsg. v. P. Weingartner u. J. Czermak. Wien 1983. S. 232 - 244, hier 236.

12 Stegmüller, W., Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie. Band II: Theorie und Erfahrung. Dritter Teilband: Die Entwicklung des neuesten Strukturalismus seit 1973. Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo: Springer Verlag 1986. S. 109.

Abbildung 2: *Struktur wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Integrität der Forschungssituation.*



und Röntgenstrukturanalyse.¹⁴ Auch was heute als Molekularbiologie bezeichnet wird, nahm mit einem „Dreimännerwerk“ von Nicolai V. Timoféef-Ressovsky und Karl G. Zimmer aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Hirnforschung in Berlin-Buch gemeinsam mit Max Delbrück aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für

13 Vgl. 40 Jahre Kernspaltung. Eine Einführung in die Originalliteratur. Hrsg. v. H. Wohlfahrt. Darmstadt 1979; Im Schatten der Sensation. Leben und Wirken von Fritz Straßmann. Dargestellt von F. Krafft nach Dokumenten und Aufzeichnungen. Weinheim-Basel 1981.

14 Watson, J.D., Die Doppelhelix. Ein persönlicher Bericht über die Entdeckung der DNS-Struktur. Reinbek: Rowohlt 1993; Crick, F., Ein irres Unternehmen. Die Doppelhelix und das Abenteuer Molekularbiologie. München-Zürich: Piper 1988.

Chemie in Berlin-Dahlem im Jahr 1935 seinen Anfang.¹⁵ Obwohl am Anfang der Molekularbiologie zu Beginn der dreißiger Jahre des 20. Jahrhunderts aus Vertretern verschiedener Disziplinen zusammengesetzte Forschergruppen noch ziemlich seltsam erschienen, gewinnt seit dem letzten Drittel des 20. Jahrhunderts die Auffassung an Bedeutung, dass die wissenschaftliche Problementwicklung eine Zusammenarbeit von Vertretern verschiedener Disziplinen mit zum Teil unterschiedlichem methodologischem Niveau erfordert.

2. *Indikatoren interdisziplinärer Arbeit in Forschungsgruppen*

Bereits vor drei Jahrzehnten wurde in einer umfangreichen empirischen Untersuchung der UNESCO über die Effektivität von Forschungsgruppen unter anderem gefragt: „In carrying out your research projects, do you borrow some methods, theories or other specific elements developed in other fields, not normally used in your research.“¹⁶ Die ersten Interpretationen versuchten die Vergleichbarkeit der 1.200 untersuchten Gruppen über die Klassifikation nach Disziplinen und interdisziplinärer Orientierung in der Forschung herzustellen. Zur gleichen Zeit wurde angenommen, dass der spezifische Umfang der Kooperationsbeziehungen und damit der Koautorschaft als Surrogatmaß für die Produktivität interdisziplinär arbeitender Forschungsgruppen verstanden werden kann¹⁷, was auch Untersuchungen über Schweizer Universitäten¹⁸ und über den Zusammenhang von Koautorschaft mit Anwendungsorientierung, Interdisziplinarität und Konzentration in wissenschaftlichen Institutionen in England nach 1981 zeigen.¹⁹

- 15 Timoféef-Ressovsky, N. V. / Zimmer, K. G. / Delbrück, M., Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur. – In: Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Fachgruppe IV, Biologie, Neue Folge. 1(1935)13. S. 190 – 238.
- 16 Andrews, F. M. (Ed.), Scientific Productivity. The Effectiveness of Research Groups in Six Countries. Cambridge Mass.: Cambridge University Press / London-New York-Melbourne-Paris: UNESCO 1979. S. 445.
- 17 Steck, R., Organisationsformen und Kooperationsverhalten interdisziplinärer Forschergruppen im internationalen Vergleich. – In: Internationale Dimensionen in der Wissenschaft. Hrsg. v. F. R. Pfetsch. Erlangen: Institut für Gesellschaft und Wissenschaft an der Universität Erlangen-Nürnberg 1979. S. 95.
- 18 Mudroch, V., 1992, The Future of Interdisciplinarity: the case of Swiss universities. – In: Studies in Higher Education (London). 17(1992) 2, S. 43 – 54.
- 19 Hicks, D. M. / Katz, J. S., 1996, Where is science going? – In: Science, Technology and Human Values (London). 21(1996) 4, S. 379 – 406.

Die von uns in den Untersuchungen von 56 Forschergruppen der Biowissenschaft in den Jahren 1979 - 1981 benutzten Indikatoren für Interdisziplinarität gehen davon aus, daß letztlich für die Interdisziplinarität in Forschergruppen entscheidend ist, ob mindestens ein Gruppenmitglied interdisziplinär denkt, und zwar unabhängig davon, ob die Gruppenmitglieder nur einer oder mehreren Disziplinen zugeordnet sind.²⁰

Ein erster Indikator betrifft den prozentualen Anteil von Wissenschaftlern in der Forschergruppe, die ihre Probleme in Bezug auf Wissenschaftsdiziplinen übergreifend formulieren. Treten bei allen Wissenschaftlern in der Gruppe nur in einer Disziplin formulierte Probleme auf, dann wäre der prozentuale Anteil von Wissenschaftlern, die die Disziplinen übergreifend Probleme formulieren, gleich Null. So werden Gruppen, die Problemfelder genannter Art bearbeiten, mit Recht als überwiegend disziplinär arbeitend eingestuft, wenn sie aufgrund der Ableitung von Teilproblemen aus einem Problemfeld zwar aus Vertretern verschiedener Disziplinen zusammengesetzt sind, aber diese Teilprobleme mit den Mitteln der eigenen Disziplin bearbeiten.

Ein zweiter Indikator für Interdisziplinarität bezieht sich auf den prozentualen Anteil von Wissenschaftlern in der Gruppe, die zur Bearbeitung ihres Problems Methoden benötigen und heranziehen, die nicht im gleichen Wissensgebiet begründet sind wie das Problem selbst. In diesem Sinne haben wir in unseren Untersuchungen folgende Frage gestellt: „Die in der Forschungsgruppe zur Bearbeitung Ihres Problems verwendeten Methoden (A) sind in demselben Wissensbereich begründet, in dem Ihr Problem formuliert ist, (B) sind in einem Wissensbereich begründet, der verschieden von dem Wissen ist, in dem Ihr Problem formuliert ist.“²¹ Die Höhe des prozentualen Anteils von Wissenschaftlern, die mit (B) antworteten, bezogen auf die Gruppengröße, wurde in unseren Untersuchungen als Grad der Ausprägung der Interdisziplinarität von Problem und Methode in Forschergruppen erfaßt.

Auf der Grundlage dieser Untersuchungen können folgende Formen wissenschaftlicher Tätigkeit unterschieden werden (vgl. Abbildung 3):

Erstens monodisziplinäre Forschung (d. h. in der wissenschaftlichen Tätigkeit wurde kein disziplinübergreifendes Problem formuliert und keine Interdisziplinarität von Problem und Methode entwickelt).

20 Parthey, H., Analyse von Forschergruppen. – In: Soziologie und Soziologen im Übergang. Beiträge zur Transformation der außeruniversitären soziologischen Forschung in Ostdeutschland. Hrsg. v. Hans Bertram. Opladen: Leske + Budrich 1997. S. 543 – 559.

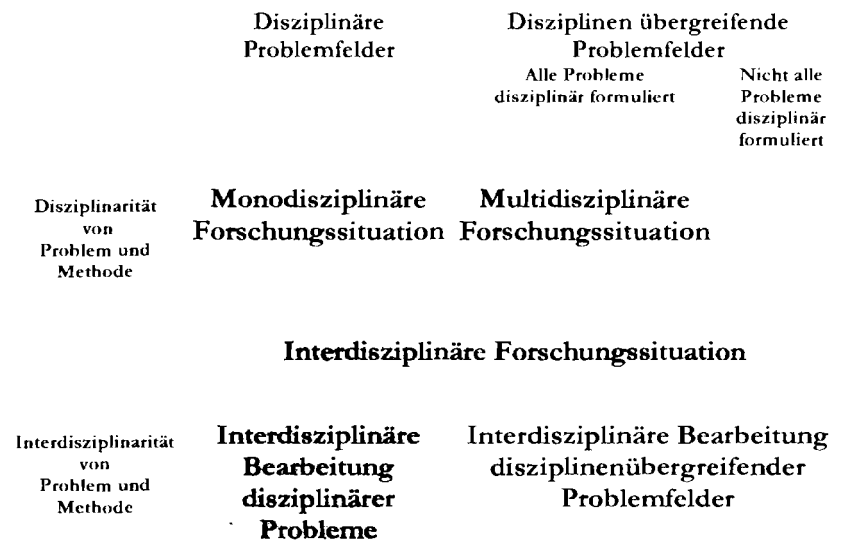
21 Parthey, H., Forschungssituation interdisziplinärer Arbeit in Forschergruppen. – In: Interdisziplinarität in der Forschung. Analysen und Fallstudien. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Klaus Schreiber. Berlin: Akademie-Verlag 1983. S. 44.

Zweitens multidisziplinäre Forschung (d. h. in der wissenschaftlichen Tätigkeit kommen zwar disziplinübergreifende Probleme vor, aber keine Interdisziplinarität von Problem und Methode).

Drittens interdisziplinäre Bearbeitung disziplinärer Probleme (d. h. in der wissenschaftlichen Tätigkeit wurde kein disziplinübergreifendes Problem formuliert, jedoch kommt Interdisziplinarität von Problem und Methode vor).

Und schließlich viertens interdisziplinäre Bearbeitung von disziplinübergreifender Problemfeldern..

Abbildung 3: *Formen wissenschaftlicher Tätigkeit*



Die Häufigkeit dieser Kombination von Problemformulierung im disziplinübergreifenden Bezug einerseits mit der Interdisziplinarität von Problem und Methode andererseits haben wir in unseren Untersuchungen verwendet und dabei die in Tabelle 1 angezeigten Häufigkeiten gefunden.

Tabelle 2 zeigt die Häufigkeit der Merkmalskoppelung zwischen dem Indikator „Prozentualer Anteil der mit Problem und Methode interdisziplinär arbeitenden Wissenschaftler in Forschergruppen“ und dem ansonsten üblichen Indikator „Zusammensetzung von Forschergruppen nach Diplomdisziplinen“. Gleich die erste Spalte der Tabelle 2 weist darauf hin, dass die persönliche Interdisziplinarität sowohl in niedrigen als auch in hohen prozentualen Anteilen selbst dann ausgeprägt

ist, wenn die Forschungsgruppe monodisziplinär zusammengesetzt ist (d.h. die Gruppenmitglieder vertreten nur eine Disziplin). Interdisziplinarität und multi-disziplinäre Zusammensetzung von Forschergruppen fallen nicht zusammen. .

Tabelle 1: Häufigkeit der Kombinationsfälle von Nichtvorliegen (=0) und Vorliegen (>0) der disziplinübergreifenden Problemformulierung mit dem Nichtvorliegen (=0) und Vorliegen (>0) der Interdisziplinarität von Problem und Methode in 56 Forschergruppen aus vier außeruniversitären Instituten der Biowissenschaften Anfang der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts

Typ	Disziplinübergreifende Problemfelder	Interdisziplinarität von Problem und Methode	Anzahl der Gruppen
(1)	=0	>0	11
(2)	>0	>0	38
(3)	>0	=0	1
(4)	=0	=0	6

Tabelle 2: Häufigkeit der Merkmalskopplung zwischen "Zusammensetzung nach Ausbildung in Disziplinen" und „Prozentualer Anteil interdisziplinär arbeitender Wissenschaftler“ in 41 Forschergruppen aus drei außeruniversitären Instituten der Biowissenschaften Anfang der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts. (Z=0 wenn in der Gruppe nur eine Disziplin vertreten ist; Z=1 wenn verschiedene Disziplinen gleichmäßig vertreten sind, in der Analyse bei maximal sechs Disziplinen: Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Agrarwissenschaft, Medizin)

alle arbeiten interdisziplinär						+				++	+	+		
80% bis 90% arbeiten interdisziplinär										++				
70% bis 80% arbeiten interdisziplinär	+							++			+			
60% bis 70% arbeiten interdisziplinär	+							+		++				
50% bis 60% arbeiten interdisziplinär	+					++	+							
40% bis 50% arbeiten interdisziplinär	++													
30% bis 40% arbeiten interdisziplinär	++					+	+++				+			
20% bis 30% arbeiten interdisziplinär	++					+					+			
10% bis 20% arbeiten interdisziplinär	+									+	+			+
bis 10% arbeiten interdisziplinär								+						
keiner arbeitet interdisziplinär	+++					+								
Zusammensetzung nach Ausbildung (Z)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0			

Mit anderen Worten: Persönliche Interdisziplinarität bedarf nicht der multi-disziplinären Zusammensetzung in der Forschergruppe. Es ist aber anzunehmen, dass die interdisziplinäre Arbeit einzelner Wissenschaftler (verstanden als persönliche Interdisziplinarität) durch die Zusammensetzung der Forschergruppe aus Vertretern verschiedener Disziplinen gefördert wird.

Relativ unkompliziert lässt sich Multidisziplinarität (Typ (3) in Tabelle 1) beherrschen, komplizierter wird es bei der methodisch-interdisziplinären Bearbeitung disziplinär formulierter Problemfelder (Typ (1) in Tabelle 1), und zunehmend schwieriger ist die methodisch-interdisziplinäre Bearbeitung von Problemfeldern, die Disziplinen übergreifend formuliert wurden (Typ (2) in Tabelle 1). Tabelle 3 zeigt für alle interdisziplinär arbeitenden Gruppen signifikante Rangkorrelationen zwischen Bedeutsamkeit, Verfügbarkeit und Publikationsrate.²²

Tabelle 3: *Korrelationsmatrix: Verfügbarkeit (an Wissen und Gerät) und Problemrelevanz (für Erkenntnis und Gesellschaft). Legende der Variablen: (1) Publikationsrate pro Wissenschaftler; (2) Verfügbarkeit an Wissen und Gerät; (3) Problemrelevanz für Erkenntnis und Gesellschaft.*

		Disziplinäre Bearbeitung disziplinärer Problemfelder	Methodisch – interdisziplinäre Bearbeitung		
			disziplinärer Problemfelder	Disziplinen übergreifende Problemfelder	
Gruppen	55	6	(11 +	38)	49
Korrelation 1 – 2	<u>0,24</u>	<u>-0,62</u>	<u>0,63</u>	0,22	<u>0,36</u>
Korrelation 1 – 3	<u>0,56</u>	0,20	0,49	<u>0,43</u>	<u>0,46</u>
Korrelation 2 – 3	<u>0,36</u>	0,18	<u>0,68</u>	0,20	<u>0,38</u>

Unterstrichene Koeffizienten sind mit 5 Prozent Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant.

So prägen sich signifikanten Korrelationen zwischen Verfügbarkeit und Bedeutsamkeit nur für den Fall der methodisch-interdisziplinären Bearbeitung disziplinärer Problemfeldern aus – für den auch die Korrelation zwischen Verfügbarkeit und Publikationsrate signifikant ist – nicht für den Fall methodisch-interdisziplinärer Bearbeitung von disziplinübergreifenden Problemfeldern, für den die Korrelation zwischen Publikationsrate und Bedeutsamkeit signifikant ist.

22 Ebenda, S. 44 – 45. Bildung der Indikatoren aus Angaben zum Fragebogen in: Parthey, H. Forschungssituation und Interdisziplinarität. Untersuchungen zu Struktur und Funktion interdisziplinärer Forschungssituationen auf Grund von Daten und Angaben aus Gruppen in Instituten der Biowissenschaften. Dissertation (Dr. sc. phil.). Berlin 1989, S. 166 – 178.

In den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts schließen an diese Art und Weise der Unterscheidung von Formen wissenschaftlicher Tätigkeit vor allem die Untersuchungen von Grit Laudel in Sonderforschungsbereichen in der Münchener Wissenschaftsregion an.²³ So heißt es in der Konzeption der Untersuchung von Grit Laudel: „Da sich der Rückgriff auf Disziplinen als zu grob erweist, muß auf das konkrete Forschungshandeln der kooperierenden Wissenschaftler Bezug genommen werden, um interdisziplinäre Kooperation zu identifizieren. Außerdem muß ein allgemeinerer Begriff als der Disziplinenbegriff herangezogen werden, Diese Forderung erfüllt eine Definition von Parthey: Interdisziplinäres Forschungshandeln liegt dann vor, wenn die Methode in einem anderen Wissenschaftsgebiet als das zu bearbeitende Problem begründet ist. Diese Bestimmung wurde bereits erfolgreich in empirischen Untersuchungen angewendet. Sie ermöglicht zugleich eine wichtige Unterscheidung interdisziplinärer Wissenschaftsgebiete: Solche Wissenschaftsgebiete können eine Zusammenfassung von jeweils disziplinär (aber in verschiedenen Disziplinen) formulierten Problemen sein. Ein typisches Beispiel dafür ist die Umweltforschung. Dieses Phänomen wird häufig auch als Multidisziplinarität bezeichnet. Wissenschaftsgebiete können aber auch Problemstellungen enthalten, „die jede für sich genommen nur unter Bezug auf verschiedene Bereiche des theoretischen und methodischen Wissens formuliert und bearbeitet werden können.“ ... Wenn die Einordnung einer Kooperation als interdisziplinär von der Verschiedenartigkeit der integrierten Wissenbestände abhängt und diese Verschiedenheit wegen des fraktalen Charakters der Wissenschaft wegen beliebig groß oder klein sein kann, dann bleiben nur wenige eindeutig disziplinäre Kooperationen und ein großes Feld mehr oder weniger interdisziplinären Kooperationen übrig.“²⁴

Auch neuere Untersuchungen über das Inter-Disziplinieren²⁵ verdeutlichen zu Beginn des 21. Jahrhunderts, „dass es keinen Königsweg für erfolgreiche Forschungsk Kooperationen gibt, sondern vielmehr eine Reihe verschiedener, jeweils pfandabhängiger Kooperationsstile.“²⁶

Neben genannten Indikatoren für Interdisziplinarität wurde bei Analysen der interdisziplinären Arbeit auch andere Indikatoren berücksichtigt, so der als Surrogatmaß für die Produktivität interdisziplinärer Forschergruppen verwendete Indikator „Koautorschaft in der Gruppe“, der sich an bibliometrischen Profilen von

23 Laudel, G., Interdisziplinäre Forschungsk Kooperation. Erfolgsbedingungen der Institution „Sonderforschungsbereich“. Berlin: edition sigma 1999.

24 Ebenda, S. 37 – 38.

25 Röbbcke, M. / Simon, D. / Lengwiler, M. / Kraetsch, C., Inter-Disziplinieren. Erfolgsbedingungen von Forschungsk Kooperationen. Berlin: edition sigma 2004.

26 Ebenda, S. 213.

Gruppen orientiert, sowie Indikatoren für die in Tabelle 2 dargestellte „Multidisziplinäre Zusammensetzung nach Ausbildung“ und analog darstellte Indikatoren für die „Kompetenzverteilung nach Disziplinen“. Unsere Suche nach Zusammenhängen zwischen den genannten Indikatoren begründet sich auf eine Analyse der Rangreihen der jeweiligen Gruppenwerte mittels Korrelationskoeffizienten:

Tabelle 4: Korrelationsmatrix: Interdisziplinarität und Koauthorschaft. Legende der Variablen: (1) Multidisziplinäre Zusammensetzung der Gruppe, (2) Kompetenzverteilung nach Disziplinen, (3) Disziplinübergreifende Problemformulierung, (4) Interdisziplinarität von Problem und Methode, (5) Publikationsrate pro Wissenschaftler, (6) Koauthorschaft in der Gruppe. Mit * gekennzeichnete Koeffizienten sind mindestens mit 5 Prozent Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1)	1,00	0,78*	0,41*	0,34*	0,01,	0,16
(2)		1,00	0,29*	0,33*	0,17.	0,08
(3)			1,00	0,29*	0,19	0,26
(4)				1,00	0,02	0,39*
(5)					1,00	0,00

Die positiven und signifikanten Rangkorrelationskoeffizienten in Tabelle 4 zwischen (1) Zusammensetzung und (2) Kompetenzverteilung nach Disziplinen einerseits und dem prozentualen Anteil der nach (3) und oder (4) in den Gruppen interdisziplinär arbeitender Wissenschaftler andererseits weisen auf gleichläufige Rangreihen der nach den Indikatoren gebildeten Gruppenwerte hin.

Das Ergebnis dieser Analyse kann so gedeutet werden, dass eine multidisziplinäre Ausbildungs- und Kompetenzstruktur der Gruppe günstige Voraussetzungen für interdisziplinäre Arbeit einzelner Wissenschaftler bietet. Andererseits unterstreicht der Befund in Tabelle 4, dass nur praktizierte (4) Interdisziplinarität von Problem und Methode mit (6) Koauthorschaft signifikant korreliert, und zwar wiederum gleichläufige Rangreihen, d.h. je mehr bzw. je weniger einzelne Wissenschaftler in der Gruppe die Interdisziplinarität von Problem und Methode praktizieren, desto mehr nimmt die Koauthorschaft in der Gruppe zu beziehungsweise ab.²⁷

27 Parthey, H., Relationship of Interdisciplinarity to Cooperative Behavior. – In: International Research Management. Ed. by P. H. Birnbaum-More et al. New York/Oxford: Oxford University Press 1990. S. 141 – 145.

Die Korrelationsanalyse unterstreicht die Bedeutung der persönlichen Interdisziplinarität von Problem und Methode für die Beherrschbarkeit von interdisziplinären Forschungssituationen. Die vorgestellten Erkenntnisse gestatten Kriterien und Indikatoren interdisziplinären Arbeitens zu entwickeln.²⁸

Andererseits berühren Untersuchungen über die persönliche Interdisziplinarität in der Wissenschaft im besonderem Maße die Analyse in Forschergruppen, vor allem in der Frage nach dem Einfluß anderer auf die eigene Leistung eines interdisziplinär arbeitenden Wissenschaftlers.

In guter Tradition stellen sozialwissenschaftliche Untersuchungen die Frage nach dem Einfluß anderer auf die eigene Leistung beziehungsweise nach den Vor- und Nachteilen des Arbeitens in Gruppen gegenüber der Einzelarbeit.²⁹ Diese Fragestellung auf die wissenschaftliche Arbeit selbst angewandt, führt zur Analyse des Verhältnisses von Einzel- und Kooperationsleistung in Forschergruppen und folgt dabei der eingangs genannten Auffassung von Max Planck über die Wissenschaft, daß ihre Trennung nach verschiedenen Fächern ja „nicht in der Natur der Sache begründet ist, sondern nur der Begrenztheit des menschlichen Fassungsvermögens entspringt, welche zwangsläufig zu einer Arbeitsteilung führt.“³⁰ In dieser Weise befassen sich die Analysen von Forschergruppen mit einem Thema, für das sich gleichermaßen Wissenschaftler verschiedener Disziplinen, wie insbesondere Wissenschaftsforscher, seit langem interessieren und das bis heute nicht an Aktualität verloren hat. Forschungen dieser Art gibt es weltweit seit den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts.³¹ Sie stützen sich auf verschiedene Methoden wie die der teilnehmenden Beobachtung oder die der historischen Rekonstruktion. Die

- 28 Parthey, H., Kriterien und Indikatoren interdisziplinären Arbeitens. - In: Ökologie und Interdisziplinarität - Eine Beziehung mit Zukunft. Wissenschaftsforschung zur Verbesserung der fachübergreifenden Zusammenarbeit. Hrsg. v. Philipp W. Balsiger, Rico Defila u. Antonietta Di Giulio. Basel-Boston-Berlin: Birkhäuser Verlag 1996. S. 99 – 112.
- 29 Triplett, N., The Dynamogenic Factors in Page-Making and Competition. - In: American Journal of Psychology. 9(1898), S. 507 – 532; Moede, W., Experimentelle Massenpsychologie - Beiträge zu einer Experimentalpsychologie der Gruppe. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1920; Allport, F. H., Social Psychology. Boston: Riverside 1924.
- 30 Planck, M., Ursprung und Auswirkungen wissenschaftlicher Ideen (Vortrag, gehalten am 17. Februar 1933 im Verein Deutscher Ingenieure, Berlin). - In: Planck, M., Wege zur physikalischen Erkenntnis. Reden und Vorträge. Leipzig: S. Hirzel 1944. S. 243.
- 31 Fleck, L., Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiven. Bern 1935. 2.Auflage: Frankfurt am Main: Suhrkamp 1980; Kuhn, Th. S., The Structure of Scientific Revolution. Chicago: University of Chicago Press 1962.

mehr oder weniger standardisierte Befragung zur Analyse von Forschergruppen setzte erst in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts ein. In Besonderheit die Annahmen und Verfahren in den sechziger und siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts gehen davon aus, dass die Effektivität von Forschungsgruppen entscheidend durch die Übereinstimmung von Problemstruktur und arbeitsteiliger Struktur in der Gruppe beeinflusst wird.³²

Diese Untersuchungen fragen nach den Arbeitsbeziehungen, die Forscher untereinander eingehen müssen, wenn sie bestimmte Problemfelder bearbeiten. Unter Problemstruktur sind vor allem inhaltliche Beziehungen zwischen Haupt-, Neben- und Unterthemen eines Problemfeldes zu verstehen. Auf der Grundlage zahlreicher Analysen der sechziger und siebziger Jahre hat sich die Vorstellung von Forschungsgruppen herausgebildet, daß sie durch folgende Merkmale gekennzeichnet sind: gemeinsames Anliegen in Form eines gemeinsam zu bearbeitenden Problemfeldes, Arbeitsteilung und Kooperation beim methodischen Problemlösen sowie ihre Koordination durch Leitung.³³ In Untersuchungen dieser Art bezeichnet Gruppeneffektivität in der Wissenschaft stets das Ausmaß, in dem eine Gruppe wissenschaftlich Probleme formuliert und auflöst. Bei der Publikation der darüber erzeugten Dokumente geht es bekanntlich weniger um ein Angebot zum wissenschaftlichen Meinungsstreit, sondern vor allem um eine Darstellung von Problem und Methode erfolgreicher Forschung, die unabhängig von Ort und Zeit der Veröffentlichung eine Reproduzierbarkeit gestattet, wodurch die Objektivierung des Neuen in der Wissenschaft gesichert ist. Bei der Erfassung der Gruppeneffektivität in der Wissenschaft werden seit den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts³⁴ bibliometrische Indikatoren wie die Anzahl der Publikationen pro Jahr und die Anzahl der in den folgenden Jahren erhaltenen Zitationen verwendet. Auch unsere Untersuchungen waren von Anfang an mit wissenschaftsmetrischen Analysen entsprechender Institutsbibliographien verbunden.³⁵ In jedem Fall kann bei der Analyse von Forschergruppen heute die Frage gestellt werden, inwieweit bibliometrische Profile wissenschaftli-

32 Bardt, H. P. / Krauch, H. / Rittel, H., Die wissenschaftliche Arbeit in Gruppen. – In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. 12(1960), S. 1 – 40; Rittel, H., Hierarchie oder Teams? – In: Forschungsplanung. Hrsg. v. H. Krauch, H. Rittel u. W. Kunz. München-Wien: Oldenburg 1966; Pelz, D. C. / Andrews, F. M., Scientists in Organizations. Productive Climates for Research and Development. New York-London-Sydney: Wiley 1966.

33 Swantes, G. M., The Social Organization of a University Laboratory. – In: Minerva. 8(1970)1, S. 36 – 58.

34 Lotka, A., The Frequency Distribution of Scientific Productivity. – In: Journal of Washington Academy of Science. 16(1926), S. 317 – 323.

cher Institutionen die Beantwortung bestimmter Teile eines Fragebogens kontrollieren, ergänzen oder sogar ersetzen. Die genannte Annahme, daß die Effektivität von Forschergruppen entscheidend durch die Übereinstimmung von Problemstruktur und arbeitsteiliger Struktur in der Gruppe beeinflußt wird, kann nach empirischen Überprüfungen nur bedingt aufrecht erhalten werden. So weisen unsere Analysen - was auch in größeren Überblicksstudien zur deutschen Wissenschaftsforschung³⁶ festgehalten wird - auf zwei grundsätzliche Überlegungen hin: Zum einen sind das Vorhandensein einer Problemsituation und entsprechend formulierter Forschungsprobleme sicherlich zur Herausbildung von kooperativen Beziehungen zwischen Forschern notwendig, sie reichen dafür aber nicht aus. Die notwendige und hinreichende Bedingung dafür, daß Kooperationsformen zwischen Wissenschaftlern auftreten, ist das Vorhandensein einer Forschungssituation bezüglich eines Problems, das heißt vor allem das Schaffen und die tatsächliche Verfügbarkeit von ideellen und materiellen Mitteln zur Problembearbeitung. Zum anderen üben verschiedene Typen von Forschungssituationen einen unterschiedlichen Einfluß auf die Kooperationsform aus. Unterschiedliche Grade der Verfügbarkeit von ideellen und materiellen Mitteln zur Bearbeitung von Forschungsproblemen erfordern unterschiedliche arbeitsteilige Beziehungen zwischen den Forschern.

Unser empirischer Befund besagt, daß nicht die Zusammensetzung einer Gruppe aus Vertretern verschiedener Wissenschaftsdisziplinen, sondern nur der Gruppenanteil von Wissenschaftlern, die Interdisziplinarität von Problem und Methode praktizieren, mit Koauthorschaft signifikant korreliert, und zwar wie gesagt gleichläufig. Entscheidendes Merkmal interdisziplinärer Forschungssituationen ist nach unseren Analysen demnach nicht - wie häufig im ersten Ansatz wissenschaftssoziologischer Untersuchungen der Interdisziplinarität angenommen wurde - die multidisziplinäre Zusammensetzung der Gruppe nach Ausbildung und Kompetenz in verschiedenen Disziplinen³⁷, sondern das bei

35 Parthey, H., Wissenschaftsmetrische Analyse der Verteilung von Autoren nach Publikationsraten und Wissenschaftsdisziplinen in biowissenschaftlichen Forschungsinstituten der siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts. - In: Methodologische Probleme der Wissenschaftsforschung, Teil III: Wissenschaftsmetrische Methoden. Hrsg. v. Heinrich Parthey, Dieter Schulze, A. A. Starcenko u. I. S. Timofeev. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion Wissenschaftstheorie u. -organisation, Wissenschaftswissenschaftliche Beiträge, Heft 17, 1982, S. 1 - 16; Parthey, H. Bibliometrische Profile von Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (1923 - 1943). Institute der Chemisch-physikalisch-Technischen und der Biologisch-medizinischen Sektion. Berlin: Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft 1995.

36 Woodward, W. R., Committed History and Philosophy of the Social Science in the two Germanies. - In: History of Science. 23(1985)1, S. 25 - 72, hier S. 47.

einzelnen Wissenschaftlern disziplinär fehlende Wissen zur Problembearbeitung und die daraus resultierende Suche nach Methodentransfer aus anderen Spezialgebieten. In dem Maße, wie derartige Untersuchungen reproduzierbar sind, könnte nicht nur von Kriterien, sondern auch von Indikatoren interdisziplinärer Arbeit gesprochen werden, wodurch Analysen und Studien der quantitativen Wissenschaftsforschung bei einer Diskussion über Interdisziplinarität nicht mehr übergangen werden könnten.³⁸

3. *Institutionalisierung von Forschungssituationen*

Forschungsinstitute wurden und werden als selbstorganisierende Systeme konzipiert. Dabei ist es auch ein Ziel, forschungstechnische Systeme zu entwickeln, die selbstorganisierende Eigenschaften in der Wissenschaft haben.³⁹ Selbstorganisierende Systeme stehen laufend vor Alternativen, in denen es ihnen selber zukommt, eine Auswahl zutreffen. Forscher stehen in diesem Sinne stets in Situationen, in denen sie sich für oder gegen das Ausführen bestimmter Handlungen entscheiden müssen. Beschreibung und Erklärung wissenschaftlicher Institutionen kann sich daran orientieren, dass es grundsätzlich einen Bedarf an einem sozialen Freiraum für die Schaffung und Entfaltung von Forschungssituationen gibt, ohne den Wissenschaft nicht existieren kann, wie es ihre Geschichte zeigt.

Der wissenschaftlich Tätige bedarf der Institution, weil nur dadurch der notwendige Freiraum für die Forschung abgesichert werden kann. Dieser Freiraum wird durch entsprechende Fonds, wie Personaletat und Sachmitteleat, und mit einem institutseigenen System von Information, Kommunikation und Bibliothek geschaffen. Um attraktiv zu sein, muss die wissenschaftliche Institution dem Forscher einen entsprechenden Status in der Gesellschaft sichern und selbst so flexibel sein, dass sie der Wissenschaftsdynamik gewachsen ist.

Wissenschaftliche Bibliotheken als Bestandteil wissenschaftlicher Institutionen werden in dem Maße zu wissenschaftlichen Arbeitsstätten, wie sie bei fort-

37 Steck, R., Organisationsformen und Kooperationsverhalten interdisziplinärer Forschergruppen im internationalen Vergleich. – In: Internationale Dimensionen in der Wissenschaft. Hrsg. v. E. R. Pfetsch. Erlangen: Institut für Gesellschaft und Wissenschaft an der Universität Erlangen-Nürnberg. 1979. S. 87 – 108, hier S. 92.

38 Parthey, H., Disziplinierung der Interdisziplinarität. – In: Ethik und Sozialwissenschaft. Streitforum für Erwägungskultur. 8.4. Opladen: Westdeutscher Verlag 1997.

39 Matthies, H., Die Organisation der Wissenschaft – Chancen und Risiken für Karrieren. – In: Mikrokosmos Wissenschaft. Hrsg. v. Brigitte Liebig, Monique Dupuis, Irene Kriesi u. Martina Peitz. Zürich: Vdf Hochschulverlag 2006. S. 57 – 63.

schreitender Ausdifferenzierung der Wissenschaften deren Publikationen mit minimaler Redundanz für die weitere Forschung zur Verfügung stellen. Und über die notwendige und hinreichende Minimierung der Redundanz entscheiden die Forscher selbst. Der Gelehrtenbriefwechsel zeigte und zeigt dies beispielhaft jeweils zu seiner Zeit. So sind heute auch für wissenschaftliche Zeitschriften als Bibliotheken von Wissenschaftsdisziplinen⁴⁰ stets Forscher im Sinne von Herausgebern verantwortlich, und zwar als öffentlich bekannte wissenschaftliche Kollegen, von denen mindestens zwei Wissenschaftler die Publikationen anderer danach beurteilen, ob und nach welcher Überarbeitung sie in die jeweilige Spezialbibliothek „Wissenschaftliche Zeitschrift“ aufgenommen werden sollten. Und Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften enthalten mindestens in einem Strukturteil wissenschaftlich Neues, das durch exaktes Zitieren in einem nachvollziehbaren Bezug zum Alten in der Wissenschaft dargestellt wird. Seit ihrem Aufkommen in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts hat sich die wissenschaftliche Zeitschrift als Organ im Kommunikations- und Informationssystem von Originalarbeiten der Forschern bewährt. Dabei unterscheiden sich Wissenschaftsdisziplinen danach, welcher Untersuchungsbereich der Wirklichkeit und welche Theorie darüber zugrunde gelegt werden, wie nach weiterer Gesetzerkenntnis gefragt wird, welche der Problemstellungen und welche methodischen Vorgehensweisen zu ihrer wissenschaftlichen Bearbeitung bevorzugt werden. Disziplinarität in der Wissenschaft kann zunehmend differenziert werden. Gründe hierfür sind der zunehmend höhere Spezialisierungsgrad dieses Wissens und die zu seiner Artikulation geschaffenen disziplinspezifischen Fachsprachen sowie die zur weiteren Vertiefung dieses Spezialwissens erforderliche hochspezialisierte Forschungstechnik. In diesem Sinne kann beobachtet werden, dass sich neue Wissenschaftsdisziplinen an den Universitäten in dem Maße herausgebildet haben, wie erstens ein Lehrstuhl für jede neue Wissenschaftsdisziplin geschaffen und zweitens ein Lehrbuch dafür geschrieben wurde und schließlich drittens nach dem Aufkommen des Buchdrucks eine neue Zeitschrift für Originalarbeiten von Forschern in dieser neuen Wissenschaftsdisziplin zur Verfügung gestanden hat. Walther Umstätter weist auf eine vergleichsweise „konstante Relation von Zeitschriften und Spezialgebieten“ hin.⁴¹ Wilhelm Ostwald hat diesen Vorgang der Organisation neuer Zeitschriften (im Prozess der von ihm selbst mit vorangetriebenen Herausbildung einer neuen Wissenschaftsdisziplin) wie folgt beschrieben:

40 Vgl. Parthey, H., Zeitschrift und Bibliothek im elektronischen Publikationssystem der Wissenschaft. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. S. 9 – 46.

„Daß ich dann, nachdem das Lehrbuch fertig geworden war, alsbald die „Zeitschrift für physikalische Chemie“ gründete, war ein ebenso natürlicher Vorgang. ... Daß dann beide Formen der organisatorischen Arbeit, das Lehrbuch und die Zeitschrift, einen nicht unerheblichen Einfluß auf die weitere Entwicklung der Angelegenheiten nahmen, liegt ja wesentlich daran, dass um jene Zeit (in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts) eine Anzahl ausgezeichnete Mitarbeiter auf dem Gebiet an weit entfernten Punkten der Kulturwelt, also ohne gegenseitige Verabredung oder Beeinflussung auftauchten, welche den wissenschaftlichen Inhalt des Gebietes sehr bald ungewöhnlich reich und fruchtbar gestalteten. Diese fanden den Boden durch die erwähnten Arbeiten vorbereitet, und umgekehrt konnte die neue Zeitschrift dadurch, dass sie alsbald bahnbrechende Arbeiten veröffentlichte, ihre Daseinsberechtigung auch für weitere Kreise nachweisen.“⁴²

Obwohl die Entstehung von Institutionen allgemein aus der Nachfrage der Menschen nach individueller Orientierung und sozialer Ordnung erklärt wird, verweisen institutionentheoretische Überlegungen aber auch darauf, dass Institutionen in der Nachfrage der Menschen nach individueller Orientierung und sozialer Ordnung nur in dem Maße akzeptiert und unterstützt werden, als sie auch deren Interessen nicht entgegenstehen.⁴³ In diesem Sinn interessieren vor allem Formen wissenschaftlicher Institutionen in ihrer historischen Herausbildung.

4. *Formen wissenschaftlicher Institutionen*

4.1. *Platons Akademie bei Athen, Aristoteles' Gymnasium in Athen und staatliches Forschungszentrum in Alexandria*

Offensichtlich beginnt die Geschichte wissenschaftlicher Institutionen damit, dass Platon seine Schüler seit etwa 388 v. u. Z. in einem Hain des Akademos bei Athen um sich sammelte. Damit war die Platonische Akademie auch die erste wissenschaftliche Institution.

41 Umstätter, W., Was ist und was kann eine wissenschaftliche Zeitschrift heute und morgen leisten. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. S. 143 – 166.

42 Ostwald, W., Handbuch der allgemeinen Chemie. Band I: Die chemische Literatur und die Organisation der Wissenschaft. Leipzig: 1919. S. 10.

43 Esser, H., Soziologie. Spezielle Grundlagen, Band 5: Institutionen. Frankfurt am Main: Campus Verlag 2000. S. 42.

Aristoteles war in dieser Akademie neunzehn Jahre lang bis zu Platons Tod tätig. Danach wurde er vom makedonischen König Philipp II. als Hauslehrer für seinen Sohn Alexander berufen. Bald nach Philipps Tod kehrt Aristoteles nach Athen zurück und gründet dort eine eigene Schule Lykeion für den Unterricht von Jugendlichen als zweite wissenschaftliche Institution.

Als dritte wissenschaftliche Institution entstand im 3. Jahrhundert v. u. Z. ein staatliches Studienzentrum der gesamten hellenistischen Welt in Alexandria, das aus der Forschungsstätte des Museion⁴⁴ sowie der größten Bibliothek der Antike bestand. Hier wirkten unter anderem Euklid zwischen 320 und 260 v. u. Z. und Ptolemaios von 127 bis 141 u. Z., der im Observatorium die in seinem Werk „Almagest“ verwendeten Beobachtungen durchführte. Alexandria war ein Mittelpunkt wissenschaftlichen Lebens für eine über 700jährige Geschichte bis etwa zu Beginn des 5. Jahrhundert u. Z. In den folgenden Jahrhunderten ohne nennenswerte wissenschaftliche Institutionen wurde kaum, zeitweise gar nicht wissenschaftlich publiziert, d. h. es lassen sich für mehrere Jahrhunderte fast keine Wissenschaftler nachweisen.

4.2. *Universitäre Ausbildung wissenschaftsbasierter Berufe seit dem Mittelalter*

Wenn auch die in der Antike zur Sicherung des Problematisierens und methodischen Problemlösens entstandenen Institutionen – wie die Platonische Akademie, das Aristotelische Lykeion als städtisches Gymnasium und das alexandrinische Museion als staatliche Forschungsstätte – trotz ihrer Forschungsleistungen die Jahrhunderte nicht überdauert haben, so entstand seit dem 12. Jahrhundert mit der Universität eine neue tragfähige wissenschaftliche Institution durch das zunehmende Interesse an der Ausbildung wissenschaftsbasierter Berufe (anfangs vor allem für Ärzte und Juristen).⁴⁵ Die Universität hat sich fortan mit der Ausbildung auch weiterer neu entstehender wissenschaftsbasierter Berufe beschäftigt und ist damit zu einer grundlegenden Institution der Wissenschaft in aller Welt geworden.⁴⁶ In Ergänzung dazu entstanden ebenfalls mit weltweitem Erfolg seit dem 15. Jahrhundert (in Anlehnung an die Platonische Akademie) moderne Akademien als Forschungseinrichtungen ohne universitäre Lehrverpflichtung.⁴⁷

44 Parthey, G., Das Alexandrinische Museum. Berlin: Nicolaische Buchhandlung 1838.

45 Geschichte der Universität in Europa. Band I: Mittelalter. Hrsg. v. Walter Rüegg. München: Verlag C. H. Beck 1993.

46 Geschichte der Universität in Europa. Band II: Von der Reformation bis zur Französischen Revolution (1500–1800). Hrsg. v. Walter Rüegg. München: Verlag C. H. Beck 1996, Band III: Vom 19. Jahrhundert zum Zweiten Weltkrieg (1800–1945). Hrsg. v. Walter Rüegg. München: Verlag C. H. Beck 2004; Parsons, T. / Platt, G. M., Die amerikanische Universität. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1990.

4.3. *Außeruniversitäre Forschungsinstitute seit dem Aufkommen wissenschaftsbasierter Wirtschaft*

Im 19. Jahrhundert war die institutionelle Form der Wissenschaft noch weitgehend die der Akademie und die der Universität in der von Wilhelm von Humboldt angestrebten Einheit von Lehre und Forschung, wobei sein großer Wissenschaftsplan neben der Akademie der Wissenschaften und der Universität selbständige Forschungsinstitute als integrierende Teile des wissenschaftlichen Gesamtorganismus verlangte.⁴⁸ Mit dem Entstehen wissenschaftsbasierter Industrien wie der Elektroindustrie, die es ohne die wissenschaftlichen Theorien über die strömende Elektrizität und den Elektromagnetismus sowie die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips (1866 durch Werner von Siemens) vorher nicht – auch nicht als Gewerbe – hätte geben können,⁴⁹ und der Umwandlung traditioneller Gewerbe in wissenschaftsbasierte Industriezweige wie der chemischen Industrie⁵⁰ im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts mehrten sich Gründungen wissenschaftlicher Einrichtungen außerhalb von Universitäten nun um große chemische Forschungslaboratorien, die von der chemischen Industrie eingerichtet wurden, und staatliche Laboratorien für die physikalische Grundlagenforschung, die zur Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlagen der Präzisionsmessung und Materialprüfung beitragen sollten. Ein Beispiel für letzteres ist die 1887 in Berlin-Charlottenburg gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt,⁵¹ die Wilhelm Ostwald noch zwei Jahrzehnte später als einen „ganz neuen Typus wissenschaftlicher Einrichtungen“ bezeichnete.⁵² Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt bestand aus zwei Abteilungen, die wissenschaftliche und die technische. Erstere versucht zur Zeit noch schwebende, der Lösung aber dringend bedürftige Probleme der physikalischen Präzisionsmessung zu bearbeiten und zwar

47 Grau, C., *Berühmte Wissenschaftsakademien. Von ihrem Entstehen und ihrem weltweiten Erfolg.* Frankfurt am Main: Verlag Harry Deutsch 1988.

48 Humboldt, W. v., *Über die innere und äußere Organisation der höheren wissenschaftlichen Anstalten in Berlin.* – In: Humboldt, W. v., *Werke in fünf Bänden.* Band IV, *Schriften zur Politik und zum Bildungswesen.* Berlin: Akademie-Verlag 1964. S. 255 – 266.

49 König, W., *Technikwissenschaften. Die Entstehung der Elektrotechnik aus Industrie und Wissenschaft zwischen 1880 und 1914.* Berlin: edition sigma 1995.

50 Zott, R., *Die Umwandlung traditioneller Gewerbe in wissenschaftsbasierte Industriezweige: das Beispiel chemische Industrie – das Beispiel Schering.* – In: *Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97.* Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Marburg: BdWi-Verlag 1998. S. 77 – 95.

51 Förster, W., *Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt.* Berlin 1887; Cahan, D., *An Institute for an Empire. The Physikalisch-Technische Reichsanstalt 1871–1918.* Cambridge-New York: Cambridge University Press 1989.

52 Ostwald, W., *Große Männer.* Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1909. S. 294.

besonders solche, zu deren Lösung an Universitäten erforderliche Räumlichkeiten und Geräte fehlen, oder für die eine längere Zeit eine ganze und lehrfreie Hingabe eines Wissenschaftlers an die Forschung erfordern. Die zweite Abteilung ist zur direkten Unterstützung des Präzisionsgewerbes bestimmt, indem sie alle für den Mechaniker in kleinen und mittleren Unternehmen nicht ausführbaren technischen Leistungen übernimmt, aber auch als amtliches Prüfungsinstitut für mechanische und technische Instrumente dient. Der Präsident der Anstalt ist zugleich der Direktor der wissenschaftlichen Abteilung.⁵³ Der Erfolg der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt löste Bestrebungen zur Gründung einer analogen Chemisch-Technischen Reichsanstalt aus. Getragen von den Entwicklungsbedürfnissen der Wissenschaft selbst als auch des Staates und der Wirtschaft, was auch in Untersuchungen der Wissenschaftspolitik in Deutschland seit dem 18. Jahrhundert deutlich wird,⁵⁴ erfolgten in Berlin die Gründungen mehrerer lehrunabhängiger Forschungsinstitute im Rahmen der über drei Jahrzehnte (1911–1945) existierenden Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, die sowohl vom Staat als auch von der Wirtschaft finanziert wurden.⁵⁵ So wies Emil Fischer im Oktober 1912 bei der Einweihung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie sowie des von der Koppel-Stiftung ins Leben gerufenen Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie auf die jahrelangen vergeblichen Bemühungen hin, „ein Institut zu gründen, das ähnlich der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt der wissenschaftlichen und technischen Chemie dienen sollte.“⁵⁶

- 53 Der erste Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt war Hermann von Helmholtz. Zu den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierte Wirtschaft vgl. Kant, H., *Aus den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierte Wirtschaft: Herrmann Helmholtz, Werner Siemens und andere.* – In: *Wissenschaft und Innovation: Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2001.* Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. S. 129 – 142.
- 54 Vgl. McClelland, Ch. E., *State, Society and University in Germany 1700-1914.* Cambridge-New York: Cambridge University Press 1980.
- 55 *50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911–1961. Beiträge und Dokumente.* Hrsg. v. d. Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Göttingen: Hubert & Co. 1961.
- 56 Ebenda, S. 150.

5. *Universitäre Studiensituation und disziplinäre Forschungssituation*

Zur Ausübung einer wissenschaftlichen Tätigkeit kann Universitätsausbildung dann befähigen, wenn sie neben der Vermittlung eines ständig zu erneuernden disziplinären Wissensbereiches vor allem auf die Fähigkeit zielt, die Art und Weise, weiterführende Fragen selbständig zu stellen, diese mit dem verfügbaren Wissensniveau zu Erkenntnisproblemen zu entwickeln und problemlösende Erkenntnisse methodisch zu gewinnen. Dies kann nur eine Lehre leisten, die den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess modellhaft vorführt und thematisiert und die Studierenden in diesen Prozess auch aktiv einbindet. Zu jedem wissenschaftlichen Studium gehört somit ein forschendes Lernen. Dabei geht es darum, den Erkenntnisprozess in Kernbereichen der Disziplin nachzuvollziehen und die Lernsituation als Forschungssituation herzustellen, welche die Studierenden also selbst Fragestellungen und methodisches Problemlösen entwickeln lässt. „Weil die Erwartungen an die Leistungen der Universitäten vielfältig sind und das Universitätssystem sich entsprechend differenzieren muss, kann“ – für den deutschen Wissenschaftsrat – „universitäre Lehre nicht an allen Standorten, auf allen Stufen und in allen Bereichen der Ausbildung in gleicher Weise in Zusammenhang mit Forschung stehen.“⁵⁷ Das Bachelorstudium gestattet, „disziplinäres Grundwissen zu erwerben, die einschlägigen Methoden des Faches zu erlernen, aktuelle Forschungsergebnisse zu rezipieren und den Erkenntnisprozess in Kernbereichen nachzuvollziehen. ... Ein forschungsintensives Masterstudium dagegen muss durch eine Lehre, die primär von erfahrenen Wissenschaftlern geleistet wird, und eine intensive Beteiligung der Studierenden an Forschung gekennzeichnet sein.“⁵⁸ Wie viele Bachelorabsolventen unmittelbar im Anschluss ein Masterstudium aufnehmen und wie viele danach eine Promotion anstreben werden, wird bestimmen, in welchem Maße die universitäre Lernsituation als Forschungssituation herzustellen ist.

57 Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur zukünftigen Rolle der Universitäten im Wissenschaftssystem. Berlin: Wissenschaftsrat 2006. S. 64.

58 Ebenda. S. 64 – 65.

6. *Interdisziplinäre Forschungssituation in außeruniversitären Forschungsinstituten*

Bereits im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts entwickelten sich Forschungsrichtungen, „die in den Rahmen der Hochschule überhaupt nicht mehr hineinpassen, teils weil sie so große maschinelle und instrumentelle Einrichtungen verlangen, dass kein Universitätsinstitut sie sich leisten kann, teils weil sie sich mit Problemen beschäftigen, die für die Studierenden viel zu hoch sind und nur von jungen Gelehrten vorgetragen werden können.“⁵⁹ Ferner werden neuartige Beziehungen zwischen der Forschung in staatlichen Instituten und in der Wirtschaft angesprochen. So wurde damals von Adolf von Harnack in seiner Denkschrift im November 1909 exemplarisch aus der Situation in der organischen Chemie, „deren Führung noch bis vor nicht langer Zeit unbestritten in den chemischen Laboratorien der deutschen Hochschulen lag“, die „heute von da fast völlig in die großen Laboratorien der Fabriken abgewandert“ ist, gefolgert, dass „diese ganze Forschungsrichtung für die reine Wissenschaft zu einem großen Teil verloren“ ist, „denn die Fabriken setzen die Forschungen stets nur soweit fort, als sie praktische Resultate versprechen und sie behalten diese Resultate als Geheimnisse oder legen sie unter Patent. Daher ist nur selten eine Förderung der Wissenschaft von Seiten der mit noch so großen Mitteln arbeitenden Laboratorien der einzelnen Fabriken zu erwarten. Wohl hat sich stets das Umgekehrte gezeigt: die reine Wissenschaft hat der Industrie die größten Förderungen durch die Erschließung wirklich neuer Gebiete gebracht.“⁶⁰ So mehrten sich mit dem Entstehen forschungsabhängiger Industrien, wie der chemischen Industrie und der Elektroindustrie im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts, die Gründungen von wissenschaftlichen Einrichtungen auch ausserhalb der Universitäten, zum Beispiel grosse chemische Forschungslaboratorien, die die chemische Industrie aufbaute, und staatliche Laboratorien für die physikalische Forschung, die zur Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlagen der Präzisionsmessung und Materialprüfung beitragen sollten. Drei Gründe sind es vor allem, die zur Einrichtung von (neben dem Staat auch von der Wirtschaft finanzierten) lehrunabhängigen Forschungsinstituten angegeben werden: Erstens die steigenden Kosten der Forschungstechnik. Zweitens die wachsenden Lehrverpflichtungen für Hochschullehrer, die ein Arbeiten in der von Wilhelm von Humboldt angestrebten Einheit von Lehre und Forschung erschweren. Und drittens schliesslich die Möglichkeiten, um vieles

59 50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente, a. a. O., S. 82.

60 Ebenda, S. 82 – 83.

mehr an interdisziplinären Forschungssituationen zu schaffen und zu bearbeiten, und zwar ungehindert durch die zwangsläufig disziplinären Lehrprofile an den Universitäten. So wurde in der Gründungsgeschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft auf die Fruchtbarkeit einer Zusammenarbeit von Forschern verschiedener Richtungen hingewiesen. Aus einer späteren Sicht von Adolf Butenandt erfolgte die Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Jahre 1911, „um eine Lücke im deutschen Wissenschaftsgefüge zu schließen. Man spürte, dass Arbeitsweisen erforderlich wurden, die in den herkömmlichen Formen nur schwer zu bewältigen waren: Es schien dringend erforderlich, Gelehrten, die sich vor allem reiner Forschung widmen wollten, in völliger Freiheit ihre Arbeit zu ermöglichen, sie weitgehend abzuschirmen von all den Dingen, die letztlich ihre Leistungsfähigkeit im Dienste des menschlichen Fortschritts beeinträchtigen könnten. Es galt zweitens, den in neu sich entwickelnden Grenzgebieten tätigen Gelehrten ihr ganz spezielles, auf sie zugeschnittenes Arbeitsinstrument zu geben, um auf diese Weise Fachrichtungen zu stärken und wachsen zu lassen, die in der Struktur der Universitäten und Technischen Hochschulen noch gar keinen oder keinen ausreichenden Raum hatten. Ich nenne aus der ersten Zeit der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft beispielhaft die physikalische Chemie eines Haber, die Radiochemie eines Hahn, die theoretische Physik eines Einstein, die Biochemie eines Warburg. Zum dritten bestand seit Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft die Aufgabe, neue Institutstypen zu entwickeln und zu betreuen. Zur Lösung mancher Probleme müssen sehr umfangreiche personelle und sachliche Mittel zu einem Gebilde zusammengefügt werden, das schon wegen seines Umfangs, seines technischen Aufwandes jedes Hochschulgefüge sprengen müsste. Die Institute für Eisenforschung, Kohlenforschung und Arbeitsphysiologie seien als Beispiele genannt.“⁶¹ Drei Gründe werden immer wieder zur Einrichtung sowohl vom Staat als auch von der Wirtschaft finanzierter und lehrunabhängiger Forschungsinstitute angegeben: erstens die steigenden Kosten der Forschungstechnik;⁶² zweitens die wachsenden Lehrverpflichtungen für Hochschullehrer, die ein Arbeiten eingedenk der Mahnung von Wilhelm von Humboldt „immer im Forschen bleiben“ erschweren; drittens die Möglichkeit, weit mehr interdisziplinäre Forschungssituationen zu schaffen und zu bearbeiten, und zwar ungehindert durch zwangsläufig disziplinäre Lehrprofile. In diesem Sinne wurde von August von Wassermann bei Einweihung des Kaiser-Wilhelm-

61 Ebenda, S. 7 – 8.

62 Vgl. Biedermann, W., Zur Finanzierung der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Mitte der 20er bis Mitte der 40er Jahre des 20. Jahrhundert. – In: Wissenschaft und Innovation: Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2001. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. S. 143 – 172.

Institut für experimentelle Therapie (des nachmaligen Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biochemie) im Oktober 1913 gefordert: „Neue Wege der Heilung und alles dessen, was mit ihr zusammen hängt, besonders die Krankheitserkenntnis, sollen hier in diesem Hause nicht mehr wie in früheren Zeiten den mehr oder weniger subjektiven Erfahrungen des einzelnen Beobachters an Krankenbett überlassen bleiben, sondern auf Grund zielbewusster Forschertätigkeit unter Zuhilfenahme der exakten naturwissenschaftlichen Hilfsdisziplinen ergründet werden.“⁶³ So wurde in der Gründungsgeschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft auf die Fruchtbarkeit eines Verkehrs von Forschern verschiedener Richtungen hingewiesen. Insbesondere in den Begründungen für biowissenschaftliche Forschungen ohne Lehrbetrieb wurde die Vorstellung entwickelt, dass sie außeruniversitär in erhöhtem Maße interdisziplinär arbeiten sollten,⁶⁴ was auch wissenschaftlich ertragreich eingetreten ist. Dazu wurden in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft unter anderen Institute für Biochemie und für Biophysik gegründet. Dabei führte eine erfolgreich ausgewiesene „horizontale“ Interdisziplinarität in den meisten Fällen zur Herausbildung neuer Fachrichtungen mit allen Kennzeichen einer eigenständigen Disziplin, einschließlich späterer universitärer Lehr- und Ausbildungsinstitute.

Interdisziplinarität als eine Entwicklungsform der Wissenschaft, die im weiteren wissenschaftlichen Vorgehen diszipliniert auch im universitären Rahmen institutionalisiert wird, kommt mehr der „horizontalen“ Interdisziplinarität zu, weniger der „vertikalen“,⁶⁵ wie sie im Rahmen der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft vor allem in den Instituten für Eisenforschung, für Hirnforschung, für Kohlenforschung, für Lederforschung, für Metallforschung, für Seenforschung und Seenbewirtschaftung, für Silikatforschung, für Strömungsforschung und für Züchtungsforschung außeruniversitär betrieben wurde. Ein Vergleich der Wissenschaftsentwicklung in den USA und in Deutschland zeigt für die letzten Jahrzehnte, dass die „vertikale“ Interdisziplinarität in den USA schneller als anderswo in außeruniversitären Forschungseinrichtungen institutionalisiert und evaluiert⁶⁶ und bei anhaltendem wissenschaftlichen Erfolg auch zügiger an das universitäre Ausbildungsprogramm herangeführt wird.

63 50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente, a. a. O. S. 158.

64 Vgl.: Jaekel, O., Über die Pflege der Wissenschaft im Reich. – In: Der Morgen. 20(1907), S. 617 – 621.

65 Zur Unterscheidung zwischen „horizontaler“ und „vertikaler“ Interdisziplinarität siehe: 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.

Die Entwicklung der Wissenschaft bedarf interdisziplinärer Forschungssituationen als Quelle neuer Forschungsrichtungen, die dem Wandel in der Beziehung zwischen Objektbereich der Forschung und Gegenstandsbereich der gesellschaftlichen Praxis entsprechen, denn „treibende Kraft ist oft“, wie Peter Gruss, der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft in einem Vorwort zu den Forschungsperspektiven der Max-Planck-Gesellschaft formuliert, „die interdisziplinäre Erweiterung, die zu neuartigen und unerwarteten Ergebnissen führt.“⁶⁷

Die vorgestellte und mit Indikatoren entwickelte Auffassung von Forschungssituationen als einer Entwicklungsform der Wissenschaft, in der Forscher tätig sind, könnte eine Grundlage für die Kombination wissenschaftsmethodologischer, wissenschaftsmetrischer und wissenschaftssoziologischer Aspekte sein, um eine Typologie von Forschungssituationen zu entwickeln, wozu die Unterscheidungen zwischen disziplinären und interdisziplinären Forschungssituationen ein Beginn weiterer Untersuchungen sind.

Insgesamt gesehen kommt es darauf an, die bereits jetzt erkennbaren Voraussetzungen der Interdisziplinarität in der Forschung zu fördern und entsprechende Formen zu entwickeln. Auf dieser Grundlage realisiert sich interdisziplinäre Forschung in verschiedenen Formen, von denen einige bereits mehr oder weniger praktiziert und weitere im Verlauf der Wissenschaftsentwicklung noch stärker in Erscheinung treten werden.

66 Laudel, G., Conclave in the Tower of Babel: how peers review interdisciplinary research proposals. – In: Research evaluation. 15(2006)1, S. 57 – 68.

67 Gruss, P., Vorwort zu Forschungsperspektiven der Max-Planck-Gesellschaft 2010. München: Max-Planck-Gesellschaft 2010., S. 3.

Interdisziplinarität im Spannungsfeld zwischen Forschung, Lehre und Anwendungsfeldern

Interdisziplinäre Forschung hat in den heutigen Hochschulen einen schweren Stand. „Forschungsschwerpunkte“, die quer zu den institutionalisierten Disziplinen verlaufen, bestehen oft nur auf dem Papier oder sind nach wenigen, in den üblichen Disziplinen verwurzelten „Projekten“ bereits am Ende. Graduiertenkollegs und Sonderforschungsbereiche schmücken sich zuweilen mit disziplinübergreifend klingenden Namen, haben jedoch trotz gelegentlicher interdisziplinärer Einsprengsel zumeist eine eindeutige disziplinäre Einbettung. Jüngere Versuche, ein neues Fach an Hochschulen zu institutionalisieren, sind nicht aus der Forschung an der Grenzlinie zwischen Disziplinen gewachsen, sondern stehen entweder unter ökonomischem Imperativ oder lassen sich nur mehr als modische Huldigungen an den Zeitgeist begreifen. Selbst die aus Drittmitteln geförderte Forschung ist disziplinär organisiert: Forschungsanträge, die zwischen den Fächern angesiedelt sind, fallen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit einem negativen Votum fachlich denkender Gutachter zum Opfer. Einzig die Institute der angewandten und der „reinen“ Forschung, die auf die Erfordernisse einer auf die Nachfrage des Marktes und seiner „Profile“ ausgerichteten Lehre keine Rücksicht zu nehmen brauchen, können schnell und flexibel auf neue Forschungschancen reagieren, indem sie entsprechende Stellen schaffen und Laboratorien oder sogar neue Institute einrichten. Doch diese Flexibilität verursacht Kosten. Sofern diese Forschungseinrichtungen in einem Bereich, der keiner der klassischen Disziplinen zugeordnet werden kann, Nachwuchs ausbilden, tun sie dies wiederum „nur“ für den Eigenbedarf oder für die Nachfrage aus anderen ähnlichen Forschungseinrichtungen. In der Pionierphase eines neuen Forschungsfeldes scheint dies das Angebot an Humanressourcen noch nicht zu beeinträchtigen. Es wird sich jedoch – zumindest unter der Voraussetzung eines rationalen Handlungskalküls – als Hemmnis für die weitere Rekrutierung einer ausreichenden Zahl geeigneter Bewerber auswachsen, wenn eine in die Breite wirkende an den Hochschulen, die Schaffung eines Absolventenprofils und eine entsprechende Nachfrage aus Praxisfeldern ausbleiben.

Es werden Beispiele für gelungene und misslungene Institutionalisierungen neuer Forschungsfelder analysiert.

1. *Interdisziplinarität und Einheitswissenschaft*

Interdisziplinarität ist für die klassische Wissenschaftstheorie kein Thema gewesen, ebenso wenig die soziale Struktur der Wissenschaft oder die Problematik ihrer Institutionalisierung. Man setzte dies einfach als relativ unproblematisch voraus. Zwar ist Spezialisierung in der Sicht Poppers für die Wissenschaft eine stete Versuchung – und oft erliegt sie dieser Versuchung – aber eine der Grundthesen der Wissenschaftstheorie vor der historischen Wende und dem Aufkommen der Laborstudien ist die von der Einheit der Wissenschaften – mit der Physik als Basis und den anderen Wissenschaften Schicht für Schicht darauf aufbauend. Der klassische Text hierzu ist der berühmte Aufsatz von Paul Oppenheim und Hilary Putnam über „Einheit der Wissenschaft als Arbeitshypothese“ aus dem Jahr 1958.¹ Wie die Welt sich aus einfachen Bestandteilen zu immer komplexer werdenden Systemen – bis hin zu Leben und Bewusstsein – organisiert, so korrespondiert diesen Schichten ein hierarchisches System von Wissenschaften – wobei die einzelnen Schichten der Wirklichkeit von den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen behandelt werden.

Interdisziplinarität entsteht in diesem Bild an den Grenzen der Schichten, dort, wo – beispielsweise – die soziale Teilwelt an die psychologische oder die psychologische an die biologische stößt. Eine der Aufgaben interdisziplinärer Forschung ist es zum Beispiel, die Gesetze des sozialen Verhaltens auf die Gesetze der Psychologie zurückzuführen, oder wie man sagte: zu reduzieren. Überall an den Nahtstellen zwischen den Wissenschaften gibt es solche interdisziplinäre Forschung. Wenn die Arbeit dereinst abgeschlossen sein wird, haben wir ein perfektes deduktives System des Wissens vor uns, in dem die Gesetze des Lebens und des sozialen Verhaltens Schicht um Schicht, Stufe um Stufe heruntergebrochen oder mikroreduziert werden können bis auf die Gesetze, die das Verhalten der kleinsten Bausteine der Welt bestimmen. Einheitswissenschaft und Reduktionismus sind die beiden Grundpfeiler dieser Sicht der Wissenschaft, und Reduktionismus impliziert Interdisziplinarität. Jedes Werk, das die Zurückführung der Phänomene und Gesetze einer Realitätsschicht auf die nächst tiefer gelegene

1 Dt. Übers. in: Erkenntnisprobleme der Naturwissenschaften. Hrsg. v. L. Krüger. Köln und Berlin: Kiepenheuer & Witsch 1970. S. 339 – 371 (orig. in: Concepts, Theories, and the Mind-Body Problem. Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Bd. II. Hrsg. v. H. Feigl, M. Scriven und G. Maxwell. Minneapolis: University of Minnesota Press 1958. S. 3 – 36)

Schicht bezweckt, ist ein interdisziplinäres Werk.² Es ist allerdings eine recht einseitige – man könnte sagen hegemoniale – Form von Interdisziplinarität. Denn es ist klar, welche der Disziplinen Herr und Meister im Wissenschaftssystem ist und wo die Abhängigen und die Knechte sitzen. Im Bild der Einheitswissenschaft hatten die Physiker das höchste Ansehen, und unter den Physikern die, die sich mit den kleinsten Bausteinen der Welt und den fundamentalen Kräften befassten.³

Dieses schöne Modell der Welt und ihrer Wissenschaft, das aussieht wie eine amerikanische Hochzeitstorte, wird etwas gestört durch die empirische Existenz von Wissenschaften, die nur schwer einzusortieren sind. Da gibt es die historischen Wissenschaften, die technischen Wissenschaften, die Philologien und die Geisteswissenschaften, die nach anderen Gliederungsprinzipien organisiert sind oder andere Ziele verfolgen als zum Beispiel die Reihe, die von der Physik über die Chemie, die Biologie bis zur Soziologie führt. Dann gibt es Wissenschaften oder Disziplinen wie Geologie, Meteorologie, Klimaforschung, Risikoforschung, Katastrophenmanagement, Betriebswirtschaftslehre, Verwaltungswissenschaft oder Managementlehre, die sich in beschreibender oder technischer Absicht auf ein spezielles Objekt, einen besonderen Objektbereich oder Phänomentyp beziehen. Und dann gibt es schließlich auch noch Wissenschaftszweige, die wie Systemtheorie, Chaostheorie, Spieltheorie, Selbstorganisationstheorie, Synergetik oder Komplexitätstheorie schichtenübergreifende oder schichtenunabhängige Relationen untersuchen und schon von der Anlage her interdisziplinär, bzw., in der Terminologie von Erich Jantsch, transdisziplinär⁴ sind. Auch die Mathematik ist im deduktiven System der Einheitswissenschaft nur schwer unterzubringen, da sie einerseits als Produkt hoch aggregierter oder organisierter Materie (bzw. des Geistes) im Aufbau der Seinsschichten ontologisch „ganz oben“ einzuordnen ist, während sie epistemologisch „ganz unten“ steht, weil sie zusammen mit den empirisch gehaltvollen ersten Axiomen eine Erklärung der fundamentalsten Prozesse leisten soll. Der ontologische Status der Mathematik ist notorisch unklar und deshalb seit Bestehen der Philosophie umstritten. Pythagoräer und Platoniker sehen in der Mathematik die tiefsten Strukturen der Wirklichkeit verkörpert, wäh-

2 Vgl. zum Beispiel Hummell, H.-J. / Opp, K.-D., Die Reduzierbarkeit von Soziologie auf Psychologie. Braunschweig: F. Vieweg 1971. Bei Erich Jantsch (vgl. ders., Design for Evolution. New York: George Braziller 1975. S. 232) besteht Interdisziplinarität in dem Bemühen, Beziehungen zwischen Realitätsschichten oder –ebenen aufzuklären.

3 Natürlich konkurrieren dort wieder die Experimentalphysiker mit den mathematischen Physikern – oder die vom Geist Goethes inspirierten Empiriker mit den abstrakten Theoretikern. Das ist kein reiner Familienzwist, sondern spiegelt tiefgreifende Unterschiede in der Sicht der Natur wider.

4 Vgl. Jantsch, E. Design for Evolution. New York: George Braziller 1975. S. 232.

rend Konstruktivisten und Nominalisten in ihr reine Produkte der Vorstellungskraft vermuten. Die Mathematik ist neben der Logik und der allgemeinen Methodenlehre vermutlich die stärkste Klammer, die das System der Wissenschaften zusammen hält. Als angewandte Mathematik ist sie per se ein interdisziplinäres Unternehmen.

Der entscheidende Grund, warum das Modell der Einheitswissenschaft in den letzten vierzig Jahren an Anziehungskraft verlor⁵, scheint aber ein anderer zu sein als der, dass viele Wissenschaften nicht in dieses Bild passten. Viele Wissenschaftler sind zu der Überzeugung gekommen, dass die Reduktionismusthese einfach falsch ist. Sie meinen, dass es in jeder Schicht der Wirklichkeit (wenn wir dieses Bild einmal beibehalten wollen) Phänomene, Prozesse und Gesetze gibt, die *sui generis* oder emergent sind und nicht aus der nächst unteren Schicht erklärt werden können.⁶ Das ganze hat wie immer auch eine politische Dimension. Die Anhänger der Emergenztheorie unter den Nicht-Elementarteilchenphysikern wurden nicht zufällig ab dem Zeitpunkt zahlreicher, als die Kosten für den amerikanischen Superconducting-Supercollider (SSC) immer weiter stiegen und zu befürchten war, dass für die anderen Bereiche der Physik bei einem Weiterbau kaum mehr etwas übrig bleiben wird. Die Hochenergiephysiker verwiesen dann in der Regel darauf, dass sie es seien, die die Grundlagen für *alle* physikalischen Erklärungen und Hypothesen schaffen würden. Dieses Argument akzeptieren die angesprochenen Physiker heute nicht mehr ohne weiteres.

Mit dem Niedergang der Idee der Einheitswissenschaft entfällt allerdings auch eine natürliche Begründung für interdisziplinäre Forschung. Aber es ist nur eine von mehreren. Der Niedergang des Reduktionismus hat jedenfalls nicht zu einem Rückgang der Forderung nach mehr Interdisziplinarität oder – wenn man auf Augenhöhe mit dem Zeitgeist war – nach Multi-, Pluri-, Cross- oder Transdisziplinarität geführt.

Es ist nicht sicher, dass der Reduktionismus wirklich erledigt ist. Vor dem Hintergrund der angemäßigten Position der Hirnforschung im Konzert der mit der Erklärung des Geistes und seiner Erscheinungsformen und Produkte befassten Disziplinen könnte man den Eindruck gewinnen, dass nicht nur die Sozialwissenschaften, sondern auch die Geisteswissenschaften – von der Ökonomie bis zur

5 Vgl. jedoch: Wilson, E. O., Die Einheit des Wissens. Berlin: Siedler 1998.

6 Dresden, M., Reflections on "Fundamentality and Complexity". – In: Physical Reality and Mathematical Description. Hrsg. v. C. P. Enz/J. Mehra. Dordrecht: D. Reidel 1974. S. 133 – 168; Schweber, S., Physics, Community and the Crisis in Physical Theory. – In: Physics, Philosophy, and the Scientific Community. Hrsg. v. K. Gavroglu et al. Dordrecht: Reidel 1995. S. 125-152; Schweber, S., The Metaphysics of Science at the End of a Heroic Age. – In: Experimental Metaphysics. Hrsg. v. R. S. Cohen et al. Dordrecht: Reidel 1997. S. 171 – 198

Ästhetik und Theologie - auf Gehirnprozesse reduziert werden können (Neuroökonomie, Neurophilosophie, Neurotheologie, Neuroästhetik und so weiter) Der Reduktionismus lebt also weiter, wenn auch in lokalisierter Form und weniger als Globalbehauptung. Und in den betreffenden Gebieten finden wir wieder einen Nährboden für interdisziplinäres Denken in seiner hegemonialen Gestalt.

2. *Interdisziplinarität als Ideologie und als natürlicher Gang der Forschung*

„Heutzutage ist interdisziplinäre Zusammenarbeit in jedermanns Munde. Überall wird von der Notwendigkeit gesprochen, dass die verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen endlich stärker zusammenarbeiten, dass die Arbeitsteilung, die Auf- und Zerteilung der Fragen und Aspekte der Wissenschaft in verschiedene Disziplinen negative Folgen habe und dass diese schleunigst überwunden werden müssten. Alle Welt scheint sich einig zu sein, dass dies durch interdisziplinäre Zusammenarbeit geschehen könne.“⁷ Dieses Zitat könnte von heute sein, aber es ist knapp vierzig Jahre alt und es sicherlich nicht das älteste seiner Art. Bewirkt haben die Appelle seinerzeit nicht viel. Wie sollten sie auch. Die Forderung nach Interdisziplinarität der Forschung ist eine ebenso notorische wie nutzlose wie überflüssige. Manchmal ist sie sogar schädlich.

1) Warum ist sie überflüssig? Weil Forschung an Problemen ansetzt, und diese halten sich nicht oder nur zufälligerweise an disziplinäre Grenzen. Wer wirklich an der Sache interessiert ist, wird dem in seiner Forschung Rechnung tragen – was bedeutet, dass er sich die Informationen, Methoden und Erklärungsansätze dort holt, wo sie zu finden sind, und nicht an den Grenzen seiner Disziplin halt macht. Das klingt vielleicht allzu heroisch oder idealistisch, aber es gilt natürlich auch, dass diese Suche immer im Rahmen der Möglichkeiten des jeweiligen Wissenschaftlers verbleibt, und dieser Rahmen ist durch sein Vorwissen und seine vorangehenden Forschungen bestimmt.

2) Warum ist die Forderung nach Interdisziplinarität nutzlos? Weil etablierte Forscher in ihrer Arbeit in aller Regel die Kenntnisse und Instrumente ihrer Disziplin verwenden. Nicht ein Appell, sondern nur die Einsicht in die schlichte

7 Jochimsen, R., Zur gesellschaftlichen Relevanz interdisziplinärer Zusammenarbeit. - In: Interdisziplinär. Hrsg. v. H. Holzhey. Basel und Stuttgart: Schwabe 1974 (Jochimsen war Professor für wirtschaftliche Staatswissenschaften in Kiel und Staatssekretär des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft).

Notwendigkeit (manchmal auch die Neugier) wird sie dazu bewegen, Konzepte und Methoden anderer Disziplinen zu erlernen. Bei jungen Forschern, deren Qualifikationsweg noch nicht abgeschlossen ist, können äußere Anreize in dieser Hinsicht mehr bewirken als bei älteren. Dennoch gibt es eine große subjektive Bandbreite – und zwar auf allen Karrierestufen. Wir finden Forscher, die man kaum dazu bewegen kann, über den Tellerrand zu schauen, und wir finden andere, denen es geradezu ein Lebenselixier bedeutet, genau dies zu tun, und zwar immer wieder, solange es eben geht. Bei weiteren ist der Übergang zu neuen Forschungsfeldern schlicht eine Weiterentwicklung von Interessen – oder durch die Hoffnung getragen, in dem neuen Feld die Lösung für ein Problem zu finden, das im alten nicht zu knacken war. Mit jedem neu erarbeiteten Forschungsgebiet erweitert sich beinahe zwangsläufig die Perspektive, unter der ein Wissenschaftler die Welt betrachtet. Auch dies ist eine Entwicklung hin zu inter- oder transdisziplinärem Denken. Wer nach Namen sucht, denke an Eric Kandel, Francis Crick, Erwin Schrödinger, Leo Szilard, Max Delbrück, Louis Alvarez, James Lovelock, Manfred v. Ardenne und viele andere.

Manchmal entsteht der weite transdisziplinäre Blick durch das Bestreben, einen theoretischen Gesichtspunkt auf möglichst viele Gegenstandsbereiche anzuwenden. Auch hier liegen die Beispiele nicht fern: Hermann Haken und die Synergetik, Ludwig von Bertalanffy und die Allgemeine Systemtheorie, Friedrich Cramer und die Chaostheorie, Erich Jantsch und die Selbstorganisation, Benoit Mandelbrot und die fraktale Geometrie, Ilya Prigogine und die dissipativen Strukturen, Norbert Wiener und die Kybernetik, Stephen Wolfram und das digitale Universum, Stuart Kauffman und die Komplexitätstheorie. Die Reihe könnte man fortführen mit der Evolutionsidee oder mit Symmetrieprinzipien⁸ – in allen Fällen handelt es sich um die Anwendung einer allgemeinen Idee auf viele Bereiche der Wirklichkeit. Die Transdisziplinarität ist bereits in die vertretene

8 Zu den beiden zuletzt genannten Bereichen vgl. Buskes, C., Evolutionär denken. Darwins Einfluss auf unser Weltbild, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2008; Tarassow, L., Symmetrie, Symmetrie! Strukturprinzipien in Natur und Technik. Heidelberg & Berlin: Spektrum Akademischer Verlag 1999. Ein anderer Bereich ist die Anwendung des neurologischen Ansatzes auf alle möglichen anderen Gebiete, von der Philosophie („Neurophilosophie“) und der Kunst („Neuroästhetik“) bis zur Theologie („Neurotheologie“). Bei Winfried Löffler (vgl. Löffler, W., Vom Schlechten des Guten. Gibt es schlechte Interdisziplinarität? – In: Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme. Hrsg. von M. Jungert u.a. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2010. S. 157-172) fallen solche Vereinheitlichungsversuche unter den Begriff der „Als-Ob-Interdisziplinarität“ oder sind sogar als Versuche einer „unfreundlichen Übernahme“ zu werten. Ich sehe darin vor allem Versuche der Integration vieler Gegenstandsbereiche durch eine umfassende Idee.

Idee eingebaut. Ein Forscher, der in solchen Kategorien denkt, kann gar nicht anders als transdisziplinär denken.

Demgegenüber gibt es – zumal in Zeiten, in denen interdisziplinäres Forschen belohnt und mit Drittmitteln gefördert wird – auch Kollegen, die sich nur aus pragmatischen Gründen auf die interdisziplinäre Schiene begeben. Es kann tatsächlich rational erscheinen, opportunistisch zu verfahren, wenn man keine andere Möglichkeit findet, Mittel für ein sinnvolles Projekt zu requirieren. Aber es ist auch klar, dass damit Zusatzkosten verbunden sind: zum Beispiel taktische Absprachen mit Kollegen, mit denen man in Wahrheit gar nicht kooperieren will, oder gesteigerte Investitionen in das, was man Antragsprosa nennt. Vom Wissenschaftssystem her betrachtet, ist opportunistische Interdisziplinarität ineffizient.

3) Warum ist die Forderung nach Interdisziplinarität notorisch? Weil jeder, der die Forscher bei ihrer Tätigkeit von außen beobachtet, sieht, dass es Nachteile bringen kann, wenn man sich einer Sache von einem disziplinären Standpunkt aus, das heißt mit vorgefertigter Brille nähert. Im Einzelfall kann dieser Verdacht allerdings unbegründet sein. Nicht jede Brille verfärbt oder verfälscht den Gegenstand auf eine Weise, die sein Erkennen behindert. Brillen und ihre technischen Verfeinerungen und Erweiterungen benutzt man, um den Blick zu schärfen und zu fokussieren. Dabei gerät naturgemäß *anderes* aus dem Sichtfeld.

Analogue dazu hat der disziplinäre Blick auf den Gegenstand außer Nachteilen auch Vorteile. Tatsächlich gibt es eine große Klasse von Problemen, die sich perfekt im Rahmen einer Disziplin definieren und zumeist auch lösen lassen – zum Beispiel die Probleme, die Thomas S. Kuhn „Rätsel“ nennt. Präziser gesagt sind Rätsel nicht einer Disziplin, sondern zumeist kleineren Einheiten zugeordnet, die man heute Spezialgebiete nennt. Kuhn behauptet mit vielen Belegen, dass es genau diese disziplinär definierten Rätsel und ihre Lösungen sind, die die Wissenschaft weiterbringen. Als Folge dieses kontinuierlichen Wissenswachstums kommt es notwendigerweise zu Brüchen, in deren Konsequenz möglicherweise neue Spezialgebiete und sehr selten sogar neue Disziplinen entstehen können. Interdisziplinarität ist darin nicht vorgesehen oder angestrebt; sie ist auch nicht ausgeschlossen, aber sie ist keine relevante Kategorie einer Analyse nach Kuhnschem Muster.

Aus diesem Widerspruch – vielleicht ist es auch nur eine Ambivalenz: einerseits Interdisziplinarität als Modus von Wissenschaftswachstum und Innovation, andererseits Disziplinarität als Grundprinzip einer immer genaueren Erforschung eines Gegenstandsbereichs, ergibt sich eine Paradoxie des sogenannten Interdisziplinaritätsdiskurses (also des Sprechens über Interdisziplinarität), die Peter Weingart folgendermaßen beschrieben hat: „Interdisziplinarität wird auf der einen

Seite, über entsprechende Metaphern, positiv bewertet und mit Innovativität identifiziert, und demgegenüber Disziplinarität bzw. Disziplinen, wiederum über entsprechende Metaphern, negativ bewertet und mit Konservatismus assoziiert. Spiegelbildlich dazu gibt es, gleichsam aus der Sicht der Disziplinarität, eine umgekehrte Wertung: Interdisziplinarität gilt als weich und unpräzise, Disziplinarität als hart und ordnend.⁹ Diese spiegelbildliche Bewertung werde auch auf die Organisationsformen von Forschungsinstituten und auf die Verhaltensebene der Forscher übertragen – mit den entsprechenden Implikationen für die Akzentuierung von Grenzen und den Umgang mit dem Kollegen vom anderen Lager.

Sachlich gesehen könnten sich beide Standpunkte als einseitig herausstellen, nämlich dann, wenn disziplinäres und interdisziplinäres Denken keine Gegensätze, sondern vielmehr komplementäre Modi des Forschens und des Wissenschaftswachstums darstellen würden – wobei der erste Modus das Ausbuchstabieren, Ausdifferenzieren und Vertiefen der Verbindungen zwischen den Disziplinen (und vielleicht die Entstehung neuer Disziplinen durch integrative Theoriebildung) bewirkt, während der zweite Modus das gleiche für den Innenbereich eines Forschungsfeldes leistet. Die Unterscheidung zwischen interdisziplinärer Orientierung und disziplinärer Orientierung hat nichts zu tun mit der Unterscheidung zwischen Generalisten und Spezialisten.

Spezialisierte Forschung dominiert in beiden Bereichen. Hier stimme ich mit Peter Weingart überein, der das so formuliert hat: „Der organisatorische Diskurs hat gleichsam zwei Ebenen: Auf der deskriptiven Ebene ist Interdisziplinarität gleichbedeutend mit Innovation und meint die Synthese oder Kombination verschiedener Felder; auf der operationalen Ebene meint Interdisziplinarität Differenzierung, die Definition spezialisierter Themen zwischen etablierten Forschungsfeldern.“¹⁰ Die Hoffnung des Spezialisten – ob disziplinär oder interdisziplinär orientiert – ist in beiden Fällen, dass auch aus sehr esoterischer Forschung allgemeine Einsichten erwachsen, die in ganz besonderen Fällen sogar „für das Ganze“ von Bedeutung sind (Entdeckung der Kernspaltung; Doppelhelixmodell der DNS; Allgemeine Relativitätstheorie, Quantentheorie, Epigenetische Mechanismen, Hochtemperatursupraleitung, und so weiter).

9 Weingart, P., Interdisziplinarität im Kreuzfeuer. Aus dem Paradox in die Konfusion und zurück. – In: Ethik und Sozialwissenschaften. 8 (1997) 4, S. 589.

10 Weingart, P., Interdisziplinarität – der paradoxe Diskurs. – In: Ethik und Sozialwissenschaften. 8 (1997) 4, S. 526.

3. *Begriffserklärungen*

Ein Wort zur Terminologie. Die bisher verwendeten Begriffe werden nicht immer einheitlich benutzt. Was Interdisziplinarität angeht, so hinterlassen sogar die Förderrichtlinien und Programme von Deutsche Forschungsgemeinschaft und Bundesministerium für Bildung und Forschung den Leser einigermaßen ratlos. Wie Peter Weingart feststellt, gibt es „keinen detaillierten Kriterienkatalog, der [...] Interdisziplinarität oder [...] die Verfahren, wie sie zu erreichen ist, definieren würde. Die Projektbeschreibungen, die immer Selbstbeschreibungen der Koordinatoren der Forschungsgruppen sind, verwenden eine Vielzahl von Definitionen, von denen viele implizit sind.“¹¹ In allen Fällen seien die Forschungsprojekte hoch spezialisiert und der Begriff der Interdisziplinarität werde ungeachtet des Fehlens eines Konsenses, was überhaupt genau gemeint ist, inflationär verwendet. An beidem hat sich, nach einem in diesem Jahr erschienenen Sammelband zu schließen, nichts geändert.¹²

Beginnen wir elementar. Wenn wir von Interdisziplinarität (Multi-, Trans-, Crossdisziplinarität) reden, müssen wir wissen, was eine Disziplin ist. Wir müssen außerdem wissen, was sie von anderen akademischen Einheiten unterscheidet und wie die akademischen Einheiten zusammenhängen. Das ist ein uraltes Problem, mit dem sich schon Aristoteles herumgeschlagen hat und das über das gesamte Bestehen der Philosophie die Denker beschäftigt hat. Wie können die Wissenschaften unterteilt oder klassifiziert werden? Wie sieht der Baum des Wissens in seiner idealen Gestalt aus? Gibt es eine natürliche Ordnung des Wissens und der Wissenschaften, die der Ordnung der Welt entspricht? Reflektiert die Ordnung des Wissens die der äußeren Welt oder ist sie von unserem Geist nach eigenen Regeln erzeugt? Ist es eine reine Sache der Konvention und der Zweckmäßigkeit, wie man die Wissenseinheiten und ihre Zusammenhänge konstruiert? Entwickelt sich die Klassifikation der Wissenschaften mit dem Wachstum der Erkenntnis weiter – von einfachen, undifferenzierten zu komplexen differenzierten Formen?¹³

11 Weingart, P. a.a.O., S. 225.

12 Jungert, M. u.a., Vorwort der Herausgeber. – In: Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme. Hrsg. v. M. Jungert u.a. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2010, S. XI; sowie Jungert, M., Was zwischen wem und warum eigentlich. Grundsätzliche Fragen der Interdisziplinarität. – In: Interdisziplinarität, a.a.O. S. 1–12.

13 Dazu unter anderem: Kedrow, B. M., Klassifizierung der Wissenschaften. 2 Bde. Köln: Pahl-Rugenstein 1975; Dominicus Gundissalinus, Über die Einteilung der Philosophie. Freiburg u.a.: Herder 2007.

Beginnen wir mit den Fächern. Als Fächer bezeichne ich die Einheiten, die Studenten normalerweise studieren und nach denen die Universitäten oft ihre Mittel verteilen: Philosophie, Soziologie, Psychologie, Betriebswirtschaftslehre, Jura, und so weiter. Eine Zählung des deutschen Hochschulverbandes aus den achtziger Jahren kam auf etwa 4000¹⁴, was mir sehr hoch gegriffen erscheint. Grund könnte eine Äquivokation der Begriffe Fach und Disziplin sein. Als Disziplinen bezeichne ich in Übereinstimmung mit dem großen Duden-Fremdwörterbuch Teilbereiche von Fächern. Disziplinen der Philosophie sind zum Beispiel Wissenschaftstheorie, Erkenntnistheorie, Ethik, Sprachphilosophie, Ästhetik, und so weiter. Aber die Verhältnisse sind nicht so übersichtlich, wie man meinen könnte. Im englischen Sprachraum zum Beispiel wird das, was bei uns ein Fach ist, als „discipline“ bezeichnet.¹⁵ Manchmal wachsen aber auch bei uns Disziplinen zu Fächern heran; zuweilen sind Disziplinen des Faches A Hilfswissenschaften des Faches B. Ein Beispiel: Im Fachbereich VI der Universität Trier gibt es das Fach „Geowissenschaften“. Andere würden vielleicht von einer Fächergruppe sprechen. Nach aktueller Sprachregelung besteht das Fach Geowissenschaften seinerseits aus den Disziplinen: Analytische und Ökologische Chemie, Biogeographie, Bodenkunde, Fernerkundung, Geobotanik, Geologie, Hydrologie, Kartographie, Umweltmeteorologie und Ökotoxikologie (Stand 2010).

Wenn Vertreter dieser Disziplinen bei der Lösung eines Problems kooperieren, dann nennt man das wohl zu Recht interdisziplinäre Forschung. In anderen Fällen würde man diesen Begriff nicht ohne weiteres wählen. Beispiel Psychologie. Diese besteht in Trier aus vielen verschiedenen Disziplinen: Persönlichkeitspsychologie, Entwicklungspsychologie, Sozialpsychologie, pädagogische Psychologie, Kognitionspsychologie, physiologische Psychologie, differentielle Psychologie, klinische Psychologie, Wirtschaftspsychologie, Gesundheitspsychologie. Ist es interdisziplinäre Forschung, wenn ein Persönlichkeitspsychologe und ein Entwicklungspsychologe bei der Lösung eines Problems kooperieren? Vielleicht sollte man differenzieren und diese Form der fachinternen Kooperation „schwache Interdisziplinarität“ nennen. So wäre es möglich, von wirklicher oder „starker“ Interdisziplinarität nur dann zu reden, wenn die Disziplinen, die zusammenkommen, traditionell in unterschiedlichen Fächern beheimatet sind. Leider sind die Fächer keine natürlichen Größen, sondern historisch gewachsene und von fachpolitischen Entscheidungen abhängige Verwaltungseinheiten, was man daran er-

14 Vgl. Kaufmann, F. X., Interdisziplinäre Wissenschaftspraxis. – In: Interdisziplinarität. Hrsg. v. J. Kocka. Frankfurt: Suhrkamp 1987. S. 64.

15 Vgl. zum Beispiel Bechtel, W., The Nature of Scientific Integration. – In: Integrating Scientific Disciplines. Hrsg. v. W. Bechtel. Dordrecht: Reidel 1985. S. 7.

sehen kann, dass jede Universität in dieser Hinsicht ihre Besonderheiten hat. In Mannheim war die Sozialpsychologie eine Unterabteilung der Soziologie, in Trier ist sie ein Gebiet der Psychologie. Ein alternativer Vorschlag wäre, starke Interdisziplinarität an das Vorliegen unterschiedlicher Wissenschaftskulturen (die es hin und wieder auch innerhalb derselben Fächer geben kann) zu koppeln.

Der Terminus „Interdisziplinarität“ impliziert, dass bei dieser Form der Kooperation Grenzen überschritten werden – und zwar von beiden Seiten. Ich setze voraus, dass die Kooperation von beiden Seiten gewollt ist, denn man kann auch bei Kooperationsunwilligkeit der anderen Disziplin deren Grenzen überschreiten. So etwa, wenn der Soziologe dem Ökonomen ungefragt erklärt, dass der Gegenstand seiner Wissenschaft in Wirklichkeit soziales Verhalten – Marktverhalten – sei und dass dafür die Soziologie zuständig sei. Oder wenn der Sozialpsychologe oder der Soziobiologe mit analoger Argumentation, es sei doch alles im Grunde Psychologie, bzw. Biologie, den Soziologen abkanzelt. Allerdings würde man dann vielleicht besser vom Versuch einer Kolonisierung oder feindlichen Übernahme und nicht von einer Anbahnung interdisziplinärer Zusammenarbeit reden.¹⁶

Reden wir also von Grenzüberschreitungen in beiderseitigem Einvernehmen. Auch hier gibt es Unschärfen der Begriffsbestimmung. Man findet deutliche und undeutliche Grenzen, Grenzen, die nur auf dem Papier stehen, und solche, die befestigt sind und bewacht werden – in der Wissenschaft zum Beispiel von denjenigen, die darüber zu entscheiden haben, ob eine Qualifikationsarbeit tatsächlich eine philosophische, soziologische, psychologische, usw., ist, oder ob ein eingereicher Artikel den Standards des Fachs oder der Zeitschrift entspricht. Interdisziplinäre Forschung wirft in der Regel erst dann ernsthafte institutionelle Probleme auf, wenn sie über Fachgrenzen hinweg erfolgt. Dann treffen plötzlich inkommensurable Standards, unterschiedliche Gepflogenheiten, verschiedene Praktiken – kurz: inkompatible Wissenschaftskulturen aufeinander. Aber auch innerhalb der Fächer können unterschiedliche Wissenschaftskulturen entstehen – wie jeder Student erfahren kann, der innerhalb des Studiums die Universität wechselt. In den Geistes- und Sozialwissenschaften ist die interne Vielfalt der Fachkulturen vielleicht stärker als in den Natur- und Technikwissenschaften.¹⁷

Was für Disziplinen gilt, gilt mutatis mutandis auch für die Abgrenzungen und Kooperationen zwischen den nächst kleineren Einheiten der Skalierung un-

16 Solche „schlechten“ Formen der Interdisziplinarität werden untersucht in: Löffler, W., Vom Schlechten des Guten. Gibt es schlechte Interdisziplinarität? – In: Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme. Hrsg. v. M. Jungert. Darmstadt. Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2010. S. 157 – 172.

terhalb der Disziplinen. Diese Einheiten sind die Spezialgebiete, die einen instabileren und flüssigeren Charakter als die Disziplinen haben. In der Wissenschaftstheorie wären das zum Beispiel die verschiedenen Ansätze des Strukturalismus, der Laborstudien, des Konstruktivismus, der Diskursanalyse, der „Social Studies“, des kritischen Rationalismus, des Empirismus, der normativen, naturalistischen, analytischen und historischen Wissenschaftstheorie, usw. Ein Spezialgebiet kann sich in der Wissenschaftstheorie über einen interpretativen Ansatz, einen Gegenstandsbereich, eine Methode oder sogar eine Person definieren. Typischerweise sind Spezialgebiete stärker lokal verwurzelt als Disziplinen – zum Beispiel in bestimmten Instituten oder Personen.

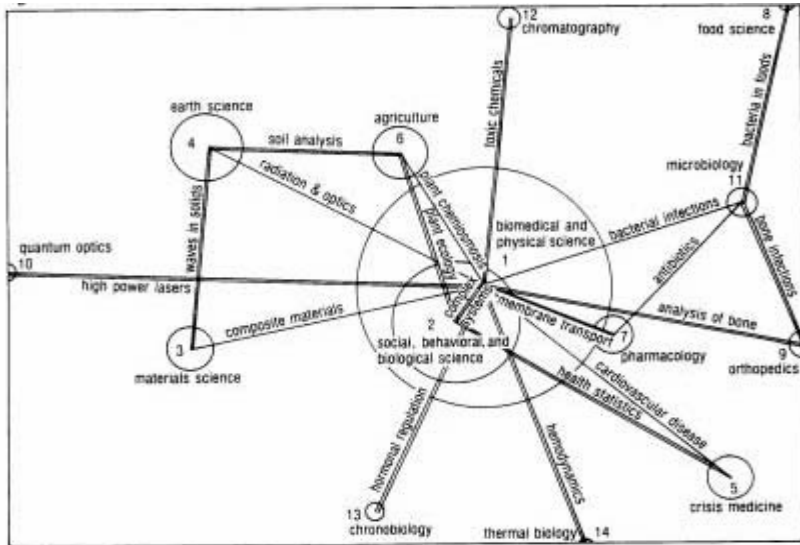
4. *Empirische Korrelate*

Diese Einteilung beruht zunächst nur auf Mutmaßungen. Da es sich um organische Einheiten handelt, sollten sie sich empirisch identifizieren lassen. Das gilt auch für die Disziplinen und Fächer. Wie lassen sich solche Einheiten erkennen? Zum Beispiel durch Messung der professionellen Kontakte, der Kommunikationsdichte oder auch zitationsanalytisch (insbesondere durch autorenbasierte Cozitationen). Die folgenden Abbildungen sind auf der Grundlage von Cozitationen erstellt. Zu beobachten ist, dass die Auflösung nicht unbedingt die Ebenen der Fächer, Disziplinen und Spezialgebiete – vor allem nicht ihre institutionelle Gliederung – widerspiegelt, sondern auch intermediäre oder feinere Einheiten wiedergeben kann. Der Versuch einer empirischen Identifizierung von Clustern und Ballungen innerhalb der Forschungslandschaft tendiert insgesamt dazu, das klassische Bild einer nach starren Spezialgebieten, Disziplinen und Fächern gegliederten Wissenschaft aufzulösen. Je nach gewähltem Auflösungsgrad zeigen sich Fächergruppen im Verbindung mit Spezialgebieten oder Methoden oder sehr spezielle Forschungen an spezifischen Gegenständen. Eugene Garfield und Henry Small unterscheiden fünf Auflösungsstufen, wobei die Globale Karte (C5) die geringste und die bis auf die Ebene von Personen reichende Karte (C1) die höchste Auflösung aufweisen. Die drei folgenden Karten zeigen die Sicht der Forschungslandschaft, die man durch „Hineinzoomen“ in diese mit Hilfe eines speziellen Verfahrens gewinnen kann exemplarisch auf den Ebenen C5 bis C3.

- 17 Zumindest entsprach das meiner Wahrnehmung, als ich nach dem fünften Semester 1971 das Studium der Soziologie und der Politologie in Marburg abbrach und nach Mannheim wechselte – von einem durch Wolfgang Abendroth und Werner Hofmann geprägten marxistischen Milieu in die Hochburg des Kritischen Rationalismus und der empirischen Soziologie.

Abbildung 1: *Forschungslandschaft - Globale Karte (Level C 5)*

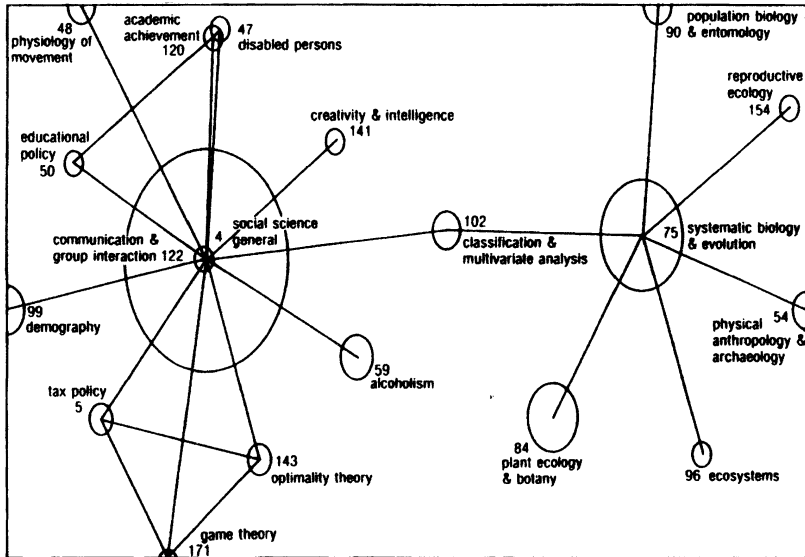
Quelle: Small, H./Garfield, E., *The Geography of Science: Disciplinary and National Mappings*. – In: *Journal of Information Science* 11 (1985). S. 147.



Wie man sieht, haben wir verschiedene Ebenen, auf denen wir Beziehungen zwischen Einheiten feststellen können. Genauer betrachtet, ist das gesamte Feld der Wissenschaft ein gigantisches multidimensionales Netzwerk von Personen mit ihren Kontakten, von Publikationen mit ihren Referenzen, von Zitationen und den zitierenden Werken oder Autoren und von Begriffen mit ihren Bedeutungsfeldern. In diesem Netzwerk gibt es Verdichtungen und Verdünnungen auf unterschiedlichen Ebenen und Skalen. Das ganze hat eine fraktale Struktur – was bedeutet, dass man immer wieder auf ähnliche Strukturen trifft, wenn man in das Gebilde hinein zoomt. Das Wissenschaftssystem ist dabei in ständigem Fluss. Institutionelle Einteilungen müssen der kognitiven Entwicklung schnell folgen, sollen sie nicht zum Hindernis der kognitiven Entwicklung werden.

Ein Zwischenergebnis verdient festgehalten zu werden: Wenn wir unter Interdisziplinarität das Bestehen solcher netzwerkartiger Beziehungen verstehen wollen, dann können wir sagen, dass Wissenschaft in vielen Bereichen und auf vielen Ebenen und Skalen interdisziplinäre Merkmale hat. Interdisziplinarität ist eine natürliche Begleiterscheinung der Wissenschaftsentwicklung. Es ist keineswegs paradox, dass dies wiederum zur Herausbildung neuer Disziplinen führen kann.

Abbildung 2: *Forschungslandschaft - Sozial-, Lebens- u. Biologiewissenschaften (Level C 4)*
 Quelle: Small, H./Garfield, E., The Geography of Science: Disciplinary and National Mappings. – In: Journal of Information Science 11 (1985). S. 147.



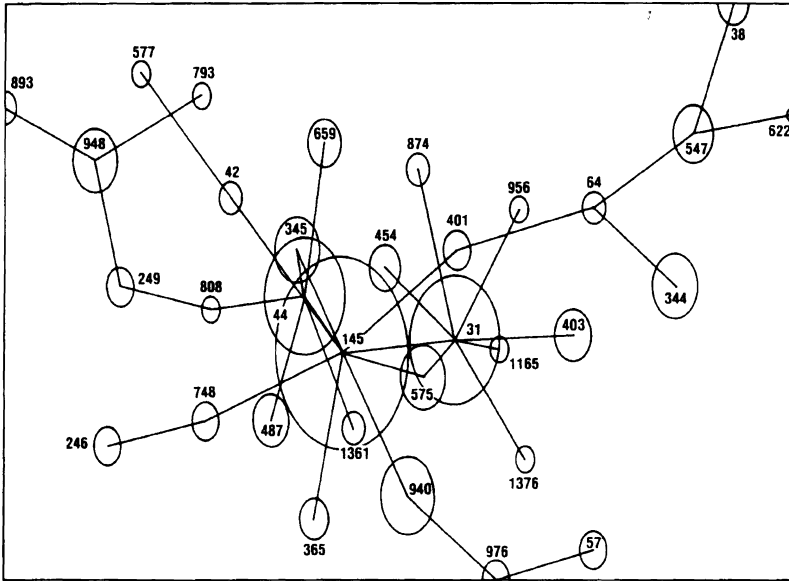
Historische Beispiele sind: Sozialpsychologie, Psychobiologie, Biochemie, Physikalische Chemie, Molekulargenetik, Geobotanik, Geophysik, Astrophysik, Astrochemie, Quantenchemie, Quantenkosmologie, Neurocomputing, Pharmagenetik (Pharmacogenomics), und so weiter. In den meisten der genannten Fälle ist auch die Institutionalisierung erfolgreich verlaufen und eine kontinuierliche Weiterentwicklung eines Gebiets ermöglicht worden. In anderen Fällen kann man von gelungener flächendeckender Institutionalisierung noch nicht reden, zum Beispiel bei der Soziobiologie, der Kognitionswissenschaft, der Neuroinformatik, der Neuroökonomie, der Archäoastronomie oder der Exobiologie. Auch ein „Rückbau“ bereits punktuell institutionalisierter „Kombifächer“ kann vorkommen.

5. Probleme der Institutionalisierung

Wir haben bis jetzt Fälle betrachtet, in denen der Schub zur Interdisziplinarität aus der Forschung selbst kam. Dies ist so häufig der Fall gewesen, dass man es als normalen Prozess ansehen kann. Die Institutionalisierung neuer Disziplinen ist

Abbildung 3: *Forschungslandschaft - Molekulargenetik und Immunologie (Level C 3)*

Quelle: Small, H./Garfield, E., The Geography of Science: Disciplinary and National Mappings. – In: Journal of Information Science 11 (1985). S. 147.



KEY

- | | | |
|---|---------------------------------------|--|
| 31 T & B cell subsets in immunotherapy | 365 lipoproteins of bacteria | 808 atherosclerosis |
| 38 NMR of biological systems | 401 DNA secondary structure & binding | 874 anti-tumor activity of T & B cells |
| 42 structure of RNAs | 403 Epstein-Barr virus | 893 glycosaminoglycans & proteoglycans |
| 44 protein biosynthesis | 454 bone marrow transplantation | 940 isolation & purification of proteins |
| 57 iron-overload disorders | 487 tumor promoters | 948 collagen & basement membranes |
| 64 x-ray & NMR conformation analysis | 547 NMR & protein structure | 956 suppressor cell activity |
| 145 genetic engineering | 575 histocompatibility genes | 976 automated analyses of amino-acids |
| 246 receptor binding of hormones | 577 ribosomal-RNA & proteins | 1165 allograft-rejection & monoclonal antibodies |
| 249 angiogenesis by vascular endothelial cells | 622 nuclear-Overhauser-enhancement | 1361 glycoprotein biosynthesis |
| 344 x-ray crystallography of organometallic complexes | 659 insulin receptors & diabetes | 1376 mixed-lymphocyte reactivity |
| 345 contractile proteins | 748 tumor virus expression | |
| | 793 culture growth of fibroblasts | |

im allgemeinen dann kein großes Problem, wenn sie innerhalb eines bestehenden großen Faches erfolgen kann – gewissermaßen als Erweiterung des Spektrums. Solche Erweiterungen sind zumeist willkommen, weil sie die Bedeutung eines Fa-

ches innerhalb einer Universität oder eines Fachbereichs stärken und seinen Anteil am Gesamtetat vergrößern. Im einzelnen kann es aber durchaus kompliziert sein. Es kommt darauf an, ob die neue Disziplin im Rahmen eines Faches randständig ist oder eine zentrale Position anstrebt. Zumindest im zweiten Fall könnten etablierte Fachvertreter ihre Interessen und ihre Bedeutung in Gefahr sehen, weil die Kernstruktur und damit die Identität des Faches selbst verändert wird. Problematisch wird es zumeist dann, wenn zwei oder mehr Fächer involviert sind, von denen sich keines voll zuständig fühlt. In diesen Fällen muss jedes der Fächer befürchten, Ressourcen zu verlieren, die notwendig sind, um ein neues Fach aufzubauen. Das gilt nicht nur für Fächer, sondern auch für Disziplinen, die fächerübergreifende Kompetenzen erfordern. Wenn ein Fach Ressourcen bereitstellen oder abgeben soll, um eine neue Disziplin im Rahmen eines anderen Faches aufzubauen, sind Widerstände zu erwarten, und zwar auch dann, wenn diese Disziplin eine gewisse Nähe zum eigenen Fach hat.¹⁸

Ein Beispiel für die Schwierigkeiten der Institutionalisierung sind die Kognitionswissenschaften. Dazu gab es ab den späten 70er Jahren des 20. Jahrhunderts Anläufe, die auch zu gewissen Erfolgen geführt haben. Es gibt oder gab zum Beispiel Institute für „Cognitive Science“ in den USA. Trotz des Namens hatten diese ein Profil, das eine klare Präferenz für die Methoden und Inhalte eines bestehenden Faches zeigte – zumeist war dies die Psychologie, die Künstliche Intelligenz-Forschung oder die Computerwissenschaft. Das gilt auch für die deutsche Gesellschaft für Kognitionswissenschaft. Ein eigenes Fach ist also aus der Kognitionswissenschaft nicht geworden, obwohl es sinnvoll gewesen wäre, die auf Kognition und Wissensorganisation bezogenen Forschungen aus Psychologie, Soziologie, Linguistik, Gehirnforschung, Kulturwissenschaften, Ethnologie, Informatik, Dokumentationswissenschaft, Sprachwissenschaft und sogar Literaturwissenschaft und so weiter unter einem Dach zusammenzufassen.¹⁹ Auf der Ebene der Disziplinen existiert die Kognitionsforschung im Rahmen der Psychologie, als Spezialgebiete sind kognitionsbezogene Forschungsaktivitäten über viele Fächer und Disziplinen verteilt. Die Nachteile dieser Verteilung zeigen sich bei der Rek-

18 Beispiel: Es wird schwer sein, das Fach Betriebswirtschaftslehre zu davon zu überzeugen, dass es eine Mitarbeiterstelle hergeben soll, um im Fach Psychologie die Disziplin „Arbeits-, Betriebs- und Organisationspsychologie“ aufzubauen – obwohl Studienleistungen in dieser Disziplin für Betriebswirtschafts-Absolventen verlangt werden.

19 Eine Blaupause hierfür liefert: Gardner, H., *Dem Denken auf der Spur. Der Weg der Kognitionswissenschaft*. Stuttgart: Klett-Cotta 1989; vgl. auch Mey, M. de, *Cognitive Science as an Interdisciplinary Endeavour*. – In: *Practising Interdisciplinarity*. Hrsg. v. P. Weingart und N. Stehr. Toronto u.a.: University of Toronto Press 2000. S. 154-172; Mey, M. de, *The Cognitive Paradigm*, Dordrecht: Reidel 1982.

rutierung des Nachwuchses. Junge Forscher auf diesem Gebiet müssen sich an die Gepflogenheiten, Paradigmen, Denkweisen und Sprachregeln ihrer Stammdisziplin anpassen, weil es zumindest in Deutschland keine Institute für Kognitionswissenschaft gibt und Stellen für Kognitionsforschung nur in der Psychologie mit wesentlich engerer Definition zu finden sind.

Auch in Trier gab es Anläufe, einen Forschungsschwerpunkt Kognitionswissenschaften zu etablieren. Das Unternehmen ist im Sande verlaufen, weil die Ansätze und Interessen der einzelnen Fachvertreter zu heterogen und zu sehr auf ihre Stammfächer bezogen waren, als dass daraus ein gemeinsames Forschungsprogramm entstehen konnte. Das scheint kein Einzelfall zu sein. Über ähnliche Erfahrungen berichten Teilnehmer von Drittmittelprogrammen, die Geisteswissenschaftler mit Naturwissenschaftlern aus mehreren Fächern zusammenbringen wollten, um die Hirnforschung auf eine breitere Basis zu stellen. Man merkte sehr schnell, dass man keine gemeinsame Sprache und keine gemeinsamen Prinzipien hatte, um wirklich zusammen an neuen Fundamenten arbeiten zu können. Möglich war lediglich die pragmatische Nutzung empirischen Wissens und getesteter Methoden für die Bearbeitung spezieller Probleme. Einer der Beteiligten, der als Sozialpsychologe (Harald Welzer) mit einem Neurophysiologen (Hans Markowitsch) in einem gemeinsamen Projekt kooperierte, fasste die Erfolgsbedingungen eines solchen interdisziplinären Projektes so zusammen: „Die Grundregel, die vor dem gemeinsamen Betreten eines Forschungsfeldes strikt beherzigt werden muss, lautet: Nie über Grundsätzliches sprechen – keine erkenntnistheoretischen, begrifflichen, keine im weitesten Sinn philosophischen Probleme aufwerfen. Interdisziplinarität funktioniert nur pragmatisch, in der exakten Definition eines gemeinsam erschließbaren Gegenstandsbereichs und in der Abstimmung erprobter Instrumente und Methoden.“²⁰

Die Entfaltung interdisziplinärer Forschungsprogramme ist offenbar kein Selbstläufer. Sie erfordert Anreize, Motive, Strategien und passende Milieus. Spannende Forschungsthemen, reizvolle Probleme, neue Methoden und berufliche Zukunftsperspektiven sind unabdingbar, um junge Wissenschaftler für ein solches Gemeinschaftsunternehmen zu begeistern. Wenn sie fehlen, kann auch eine üppige Förderung durch interessierte Geldgeber nur eine Scheinblüte erzeugen, die allenfalls so lange anhält wie der Geldfluss, aber letztlich wenig Interessantes zutage fördert und nach Auslaufen der Förderung nichts hinterlässt, was auf eigenen Füßen stehen kann. Aber auch dann, wenn eine interessante Idee am Anfang steht, kann es passieren, dass sich der Impetus dieser Idee erschöpft und nur noch Routine auf mehr oder weniger hohem Niveau bleibt.²¹

20 Welzer, H., „Nur nicht über Sinn reden!“ – In: Die Zeit, Nr. 18, 27.4.2006, S. 37.

Nehmen wir als Beispiel das Zentrum für Antisemitismusforschung der Technische Universität Berlin. 1982 gegründet, sollten hier junge Forscher zusammengebracht werden, die unter der Leitung eines erfahrenen Wissenschaftlers (bis 1990 Herbert A. Strauss) Aspekte des Antisemitismus, seiner Geschichte und seiner Auswirkungen untersuchen sollten. In der Zeit, in der ich Einblick in die Arbeit des Zentrums hatte (1985-1991), waren dort Historiker, Soziologen, Politologen, Wissenschaftshistoriker, Literaturwissenschaftler, Philologen (jedoch keine Psychologen oder Naturwissenschaftler) mit verschiedenen Projekten beschäftigt. Dabei wurde ein Phänomen – das des Antisemitismus – anhand unterschiedlicher historischer Episoden und Begebenheiten beleuchtet. Es herrschte ein offenes, angenehmes Arbeitsklima und es gab viele anregende Gespräche auf informeller Ebene zwischen Vertretern unterschiedlicher Fächer.

Wurde im Zentrum interdisziplinär gearbeitet? Vielleicht am ehesten von den Soziologen, die ihr soziologisches Wissen um politologische und psychologische Erklärungsansätze erweiterten und versuchten, die Kombination dieser Kenntnisse für die Erklärung von Antisemitismus – sowohl allgemein, als auch bezogen auf spezifische Episoden – zu nutzen. In der Regel bestand die Projektforschung aus Einzelprojekten, in denen nebeneinander her geforscht und kein Integrationsversuch unternommen wurde – wenn man einmal von den regelmäßigen Institutskolloquien absieht, in denen die Projektmitarbeiter über Zwischenergebnisse berichteten. Auch gab es Sammelbände, in denen Projektbearbeiter ihre jeweiligen Perspektiven und Ergebnisse darstellten. Insgesamt wäre hier nicht von interdisziplinärer, sondern allenfalls von multidisziplinärer Forschung zu sprechen. Dies gilt selbst für ein dreiteiliges Projekt zur Wirkungsgeschichte der Emigration deutschsprachiger Wissenschaftler. Die drei Projektbearbeiter kamen aus verschiedenen Disziplinen – Medizingeschichte, Politische Ideengeschichte und Wissenschaftssoziologie – und mussten feststellen, dass sie sich weder auf eine gemeinsame Methode noch auf einen gemeinsamen Erklärungsansatz einigen konnten. Trotz ausgiebigen Meinungsaustauschs blieben die Teilprojekte sowohl methodisch wie konzeptionell heterogen. Ursache war nicht mangelnder Wille, sondern eine sehr unterschiedliche Ausgangslage, was die zu bearbeitenden Teilbereiche betraf: also Daten, Publikationen, Archivalien, methodische Optionen, Forschungslage. Als Mangel hat keiner der Bearbeiter dieses Ergebnis empfunden. Jeder konnte seine Möglichkeiten optimal nutzen und nach eigenem Urteil kombinieren. Eine externe Vorgabe auf Herstellung von „Interdisziplinarität“ – im Sinne einer stärkeren Vereinheitlichung von Methoden und Konzepten – hät-

21 Als Beispiel könnte man das von Jürgen Habermas geleitete Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt in Starnberg nennen.

te sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nachteilig auf das Gesamtergebnis auswirkt.

Als weiteres Zwischenergebnis verdient festgehalten zu werden, dass Interdisziplinarität nicht erzwungen werden sollte, sondern dass sie sich einstellen kann oder nicht. Bedingung für ersteres ist, dass die konzeptionellen, forschungspraktischen und institutionellen Voraussetzungen vorliegen. Man muss allerdings dafür sorgen, dass die vorliegenden Forschungsstrukturen Interdisziplinarität zulassen und nicht verbauen. Dass man auch die richtigen Personen für eine Arbeit mit interdisziplinärem Potential wählen muss, versteht sich von selbst.

6. *Externe Probleme als Anreize interdisziplinärer Forschung*

Es gibt eine große Klasse von Problemen, die nur in Zusammenarbeit vieler Forscher aus vielen Gebieten gelöst werden können. Der größte Teil der Industrieforschung ist nicht disziplinär, sondern marktbezogen organisiert. Da die Firmen ihre Mitarbeiter nur aus einem disziplinär strukturierten Angebot auswählen können, besteht eine ihrer Hauptaufgaben darin, das disziplinäre Denken aus den Köpfen ihrer frisch diplomierten oder promovierten Forscher auszutreiben und sie darauf zu trainieren, projekt- und produktbezogen zu denken. Ein Forscher- und Entwicklerteam, das am Elektroauto der Zukunft bastelt, ist vom Spektrum der zu lösenden Probleme her ein multidisziplinäres Team. Aber das reicht nicht. Wenn das Team Erfolg haben will, müssen die verschiedenen Teillösungen zusammenpassen. Und das wiederum bedeutet, dass transdisziplinär gedacht und gehandelt werden muss.

Das gilt auch – vielleicht in abgeschwächter Form – für die Institute und Forschungsverbände der angewandten Wissenschaft, zum Beispiel der Fraunhofer-Gesellschaft. Es gilt zum Teil auch für jene Projekte der Max-Planck-Gesellschaft – Beispiel Fusionsreaktor –, bei denen von der Struktur der Aufgabe her Theoretische Physiker mit Experimentalphysikern unterschiedlicher Spezialisierung, mit Chemikern, Materialwissenschaftlern, Ingenieuren, Mathematikern und Informatikern kooperieren müssen. Inter- oder transdisziplinäres Denken ist dabei keine Option, sie ist eine notwendige Bedingung für den Erfolg.

Damit ist ein zentraler Punkt angesprochen. Interdisziplinarität ist nicht bereits dann gewährleistet, wenn man Vertreter verschiedener Disziplinen oder Fächer in eine gemeinsame Arbeitsgruppe steckt. Aus einer Summe von Monologen erwächst noch kein fruchtbarer Dialog (oder Polylog). Eine Ringvorlesung, in der Vertreter von zwölf verschiedenen Fächern oder Disziplinen ein Phänomen oder einen Gegenstand aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchten, ist nur in formalem Sinn eine interdisziplinäre Veranstaltung. Es könnte sein, dass keiner der

Vortragenden die Perspektiven der anderen zur Kenntnis nimmt, jeder also in der Perspektive seiner Disziplin befangen bleibt, und dass der einzige interdisziplinäre Effekt darin liegt, dass der Zuhörer sich aufgrund der Summe der Vorträge ein umfassendes Bild dieses Phänomens oder Gegenstands machen kann. Die Integrationsleistung wird in diesem Fall vom Zuhörer erbracht.

Bei der Bearbeitung problem- oder zielorientierter Projekte muss dagegen die transdisziplinäre Perspektive von den Beteiligten selbst eingenommen werden. Es muss also eine kognitive Integration verschiedener (nicht notwendig aller) Teilperspektiven in den Köpfen der Beteiligten erfolgen. Die Einrichtung einer multidisziplinären Arbeitsgruppe reicht hierfür nicht aus. Wenn man will, könnte man letzteres formale und ersteres materiale (oder organische) Transdisziplinarität nennen.

Zu den Aufgaben, die nur transdisziplinär gelöst werden können, zählen natürlich auch die großen technischen Gegenwarts- und Zukunftsprojekte von der sicheren Energieversorgung, die Endlagerproblematik für Atommüll, die Klimaproblematik, die Wasser- und Nahrungsmittelversorgung für eine wachsende Bevölkerung, die Flugzeuge und Autos der nächsten Generation bis zum LHC in Genf, der Fusionsreaktor, die internationale Raumstation, die geplanten neuen Weltraumteleskope bis zu einem System zur Abwehr von Asteroiden. Fragen neuer Art werfen die soziotechnischen und biotechnischen Projekte einer zukünftigen Robotik und Genetik auf. Und schließlich haben wir Dauerprobleme wie Krieg, Konflikt und Terrorismus, Katastrophen, Migration, alternde auf der einen, extrem junge Gesellschaften auf der anderen Seite, usw. Die Liste der Fragen, Probleme und Projekte, die nur in inter- und transdisziplinärer Zusammenarbeit gelöst und bearbeitet werden können, wird eher länger als kürzer. Das bedeutet keine Herabstufung der Disziplinen. Die konkreten Teile der Gesamtlösung werden oft von Spezialisten erarbeitet werden müssen, die ihre Disziplinen gründlich kennen. Aber diese Teillösungen müssen zu einem Gesamtpaket geschnürt werden, und in diesem Prozess werden sie modifiziert und transformiert. Nur mit Blick auf das Ganze, also auf die Systemlösung, kann die Qualität der Einzelleistungen beurteilt werden. Sachprobleme, nicht Fachprobleme, bestimmen den Prozess des Problemlösens.

Dem Wissenschaftsorganisator stellen sich in diesem Zusammenhang viele Fragen. Ich möchte nur drei aufgreifen und einige Stichworte dazu in die Diskussion bringen:

- 1) Wie lassen sich solche Forschungsunternehmungen organisieren?
- 2) Wer liefert den Nachschub an Forschern dafür?
- 3) Wie kann man verhindern, dass Forscher nach Auslaufen ihrer Verträge in einer beruflichen Sackgasse enden?

ad 1) Wie lassen sich solche Forschungsunternehmungen organisieren?²²

Die einfache, aber unbefriedigende Antwort darauf ist: das hängt ab

- von der Art, der Bedeutung und der Dringlichkeit des Problems oder der Aufgabe
- von der Zahl und der Qualität der Anknüpfungspunkte an die bisherige Forschung
- von der Höhe und der Langfristigkeit der Fördermittel
- von der geografischen Verteilung der Geldgeber.

Beispiele für das Spektrum an Möglichkeiten: CERN, ITER (Kernfusion), Klimaforschung.

ad 2) Wer liefert den Nachschub an Forschern für problem- oder aufgabenbezogene Forschung?

Prinzipiell natürlich die Universitäten, zumindest was die grundlegende fachliche Ausbildung betrifft. Zusatzqualifikationen können auch im „training-on-the-job“ vermittelt werden. Ersteres heißt, dass die Universitäten „am Puls“ dieser Art von Forschung bleiben müssen, und dies lässt sich am besten durch direkte Einbindung der Universitäten (etwa über Kooperationen oder über Gastprofessuren und Fellowships) erreichen. Probleme gibt es dann, wenn die von der außeruniversitären aufgabenbezogenen Forschung verlangten Qualifikationen in Struktur oder Inhalt zu weit von dem entfernt sind, was die Universitäten anbieten. Wenn die außeruniversitären Forschungsinstitutionen einen großen Teil der Weiterqualifikation selbst übernehmen müssen, weil die Universitäten nicht liefern können, dann brauchen sie ein ausreichend großes Reservoir an Stammpersonal, das die verlangten Qualifikationen bereits hat. Nehmen wir an, dieses sei verfügbar. Dieses Stammpersonal bildet unter anderem den weiteren Nachwuchs aus, der zusammen mit ihnen die gestellten Aufgaben lösen soll. Das bedeutet steigende Kosten und sinkende Effizienz, weil zunächst ein Teil der Ressourcen in die Ausbildung des Forschernachwuchses investiert werden muss. Und es gibt Folgeprobleme, wie etwa:

22 Vgl. dazu: Röbbcke, M. / Simon, D. / Lengwiler, M. / Kraetsch, C., Inter-Disziplinieren. Erfolgsbedingungen von Forschungsk Kooperationen. Berlin: edition sigma 2004; Lengwiler, M., Erfolgreich Inter-Disziplinieren. – In: WZB Mitteilungen. Heft 107 (März 2005). S. 52 – 54; allgemein: Mayntz, R., Forschungsmanagement. Steuerungsversuche zwischen Scylla und Charibdis. Opladen: Westdeutscher Verlag 1985.

ad 3) Wie kann man verhindern, dass Forscher nach Auslaufen ihrer Verträge in einer beruflichen Sackgasse enden?

Wenn sich die Qualifikationen, die Wissenschaftler in der problem- oder aufgabenbezogenen Forschung erwerben, zu weit vom Qualifikationsspektrum der Universitäten oder der Industrie entfernen, dann besteht die Gefahr, dass aus ihnen am Ende Spezialisten geworden sind, für die es keinen Markt gibt. Ein aktuelles aber umgekehrtes Beispiel, das die Sensibilität der Wissenschaftler für die Entwicklung der Marktnachfrage zeigt, ist die Kernkraftwerksforschung. Hierfür gibt es in Deutschland kaum noch Nachwuchs, weil die jungen Physiker die politischen Aussichten für eine Fortführung dieser Technologie in Deutschland negativ einschätzen. Es gibt seit dem Ausstiegsbeschluss der rot-grünen Regierung sogar ein offizielles Verbot der Forschung zur Weiterentwicklung dieser Technologie. Wenn die noch lebenden älteren Spezialisten im Ruhestand sind, muss der eventuell benötigte Nachwuchs importiert werden.

Institutionalisierung multi- und transdisziplinärer Umweltwissenschaften durch Ressortforschungseinrichtungen

1. Ressortforschung als Institutionalisierung multi- und transdisziplinärer Ansprüche an praxisrelevante Umweltwissenschaften

Praxisrelevante Umweltwissenschaften sollen einen Beitrag dazu leisten, der Politik und Gesellschaft gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse über umweltrelevante Problemlagen zur Verfügung zu stellen. Umweltwissenschaften sollen für die Gesellschaft einen wichtigen Beitrag im Sinne einer wissenschaftsbasierten Politikberatung leisten. Dabei werden häufig zwei zentrale Anforderungen an Umweltwissenschaften erhoben: Diese sollen erstens wissenschaftliche Fragestellungen, die sich aus Umweltproblemen ergeben, unter Einsatz mehrerer Disziplinen bearbeiten, da Umweltprobleme die Grenzen einzelner Wissenschaftsdisziplinen überschreiten.² Zweitens sollen die Umweltwissenschaften transdisziplinäre Problemlösungen gemeinsam mit der Praxis entwickeln, da die Erfahrungen gesellschaftlicher Akteure (Bürgerinnen und Bürger, Industrie, Politiker, Verwaltung) mit Umwelteinflüssen zur innovativen Erkenntnis beitragen und die gesellschaftlichen Akteure mit ihren Handlungen die Umweltprobleme lösen müssen.³

1 Dieser Beitrag beruht auf dem im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführten Forschungsprojekt „Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU“ Förderkennzeichen (UFOPLAN) 3708 11 105. Teile dieses Beitrages entstammen dem Endbericht dieses Vorhabens: Böcher, M. / Krott, M., Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Reihe: Texte 39/2010) 2010.

2 Matschonat, G. / Gerber, A. (Hrsg.), Wissenschaftstheoretische Perspektiven für die Umweltwissenschaften. Weikersheim: Margraf 2003.

3 Siehe zum Beispiel Becker, E. / Jahn, T. (Hrsg.), Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Frankfurt/M.: Campus 2006. S. 287 ff.

Den Anspruch der Multidisziplinarität kann das Wissenschaftssystem jedoch nur schwer einlösen, weil es wesentlich auf voneinander abgrenzbaren Disziplinen als Institutionen für Erkenntnis- und Qualitätssicherung angewiesen ist. Die Orientierung an der Lösung praktischer Probleme eröffnet eine Chance, von den Umweltwissenschaften eine Verbindung von Disziplinen einzufordern. Umweltprobleme besitzen mehrere Dimensionen, sie erfordern Lösungen, die gleichzeitig naturwissenschaftlich fundiert sind und wirken, sozial verstanden, ökonomisch leistbar und politisch durchsetzbar sind.⁴ Diesen Druck auf die Vernetzung von Disziplinen kann eine wissenschaftsbasierte Politikberatung nutzen, um die erforderliche Multidisziplinarität zu fördern.

Neue Erkenntnisse über Transdisziplinarität betonen deren innovativen Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher Probleme.⁵ Dabei bleibt aber nach wie vor ungeklärt, wie Argumente der Praxis mit den Argumenten des wissenschaftlichen Diskurses verhandelt werden. Wissenschaftliche Argumente geraten dabei in die Gefahr, von Praxisargumenten ausgehebelt zu werden, weil die Wissenschaft nur das rationale Argument, der Praxisdiskurs jedoch zusätzlich Überzeugungen, Hoffnungen, Ideologien, Gefühle, materielle Anreize und Macht einsetzt.⁶ Eine mögliche Variante zur Lösung dieses potenziellen Konfliktes liegt nach einem von Böcher und Krott entwickelten Politikberatungsmodell in der Aufrechterhaltung der Autonomie der beiden Diskurse „Praxis“ und „Wissenschaft“, die jedoch durch Brückenbauer-Akteure vernetzt werden.⁷

Geht man von der Zweckmäßigkeit einer wissenschaftsbasierten Politikberatung aus, die auf der Basis des „State of the Art“ umweltrelevante Lösungen entwickelt, die anschlussfähig an die Handlungen der Praxis sind⁸, dann zeigt sich, dass die Ressortforschung bereits viele solcher Anforderungen erfüllt, jedoch

- 4 Ascher, W. / Steelman, T. / Healy, R., *Knowledge and Environmental Policy. Re-Imagining the Boundaries of Science and Politics*. Cambridge u.a.: MIT Press 2010. S. 10 ff.
- 5 Hirsch-Kreinsen, H., *Ein neuer Modus sozialwissenschaftlicher Wissensproduktion? – In: Forschen – lernen – beraten*. Hrsg. v. H.-W. Franz, J. Howaldt, H. Jacobsen u. R. Kopp. Berlin: edition sigma 2003. S. 257 – 268.
- 6 Solche Aspekte werden kritisch diskutiert bei: Wingens, M., *Die Qualität von „mode 2“*. – In: *Forschen – lernen – beraten*. Hrsg. v. H.-W. Franz, J. Howaldt, H. Jacobsen u. R. Kopp. Berlin: edition sigma 2003. S. 269 – 284.
- 7 Böcher, M. / Krott, M., *Politikberatung durch autonome Diskurse – das Beispiel Erfolgsfaktoren für nachhaltige Regionalentwicklung*. – In: *Macht Wissenschaft Politik?* Hrsg. v. M. Krott u. M. Suda. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007. S. 175 – 202.
- 8 Hey, C., *35 Jahre Gutachten des SRU – Rückschau und Ausblick*. – In: *Zwischen Wissenschaft und Politik. 35 Jahre Gutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen*. Hrsg. von H.-J. Koch u. C. Hey. Berlin: Erich Schmidt Verlag 2009. S. 161 – 279, S. 153.

durch eine Klärung dieser Prinzipien in ihrer Aufgabenerfüllung noch optimiert werden kann.

Unser Modell der Ressortforschung⁹ basiert auf politikwissenschaftlichen und wissenschaftssoziologischen Grundlagen unter Einbeziehung der Sicht forschungspolitischer Akteure. Ressortforschung stellt für uns ein Beispiel für eine institutionalisierte Antwort des Staates auf Politikberatungsprobleme dar. Sie greift die umweltpolitisch gebotenen Anforderungen an multi- und transdisziplinäre Problemlösungen auf und integriert diese in eine Politikberatung, die in konfliktreichen politischen Prozessen tragfähig ist und dabei die wissenschaftliche Erkenntnis selbst nicht zur Disposition gesellschaftlicher Interessen stellt.

Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung betont die Funktion von Ressortforschungseinrichtungen, der Gesellschaft und Politik zum richtigen Zeitpunkt Politikberatung zu drängenden Fragen anzubieten, die auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse, welche allen Qualitätsanforderungen an wissenschaftliche Forschung genügen, beruht (Forschung), zugleich aber in die Ansprüche der Praxis und deren Anforderungen an Politikberatung integriert wird (Integration). Der Prozess der Ressortforschung führt auf der Basis von Forschung und Integration zu verschiedenen Produkten der Verwertung, sei es als wissenschaftliche Verwertungsprodukte oder als Produkte für die Beratung der Politik oder der Bürgerinnen und Bürger (Verwertung). Multidisziplinarität in der Aufgabenwahrnehmung ergibt sich dabei aus den an die Ressortforschungseinrichtungen herangetragenen umweltpolitischen Praxisproblemen und der dafür in den Einrichtungen bereitgestellten wissenschaftlichen Kompetenz sowohl aus Natur- und Sozialwissenschaft. Transdisziplinarität in der Aufgabenwahrnehmung lässt sich im Handlungsbereich Integration beobachten, in welcher hypothetisch die Anforderungen der Praxis in die Forschung integriert werden und – ganz praktisch – in der Verwertung, in welcher Akteure der Ressortforschungseinrichtungen mit Praxisakteuren interagieren und ihre Arbeitsergebnisse in den Praxisdiskurs einspeisen.

Der Beitrag entwickelt ein neues Modell der Ressortforschung vor dem Hintergrund der wissenschaftssoziologischen, politikwissenschaftlichen und forschungspolitischen Diskussion und zeigt, wie die Ressortforschung multi- und transdisziplinäre Ansprüche an praxisrelevante Umweltwissenschaften umsetzt.

9 Siehe detailliert: Böcher, M. / Krott, M., Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Reihe: Texte 39/2010) 2010.

2. *Wissenschaftliche und forschungspolitische Grundlagen des Modells*

Ausgehend von den zuvor dargestellten Überlegungen soll im Folgenden unser Modell der „Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung“ begründet werden. Dazu werden die relevanten Anknüpfungspunkte aus Wissenschaftsforschung und Forschungspolitik erläutert.

2.1. Wissenschaftsforschung

Unser Modell knüpft theoretisch an wissenschaftssoziologische Erkenntnisse über wissenschaftliche Politikberatung¹⁰ und Ergebnisse der analytischen Politikwissenschaft über die Verwertung von Information im politischen Prozess an.¹¹

Zudem reflektiert es den – nach wie vor sehr überschaubaren - wissenschaftssoziologischen und politikwissenschaftlichen Forschungsstand zu Eigenheiten und Logik der Ressortforschung als Institution zwischen Wissenschafts- und politischem System.¹²

Wissenschaftssoziologie

Wissenschaftssoziologen beschreiben Ressortforschung als eigenständiges Modell wissenschaftlicher Politikberatung, das sich durch bestimmte Spezifika konstituiert:¹³ So produziert die Ressortforschung erstens forschungsbasierte Beratungsleistungen, wobei zweitens der primäre Referenzrahmen für diese Tätigkeit außerwissenschaftlich ist und durch die Aufgaben eines oder mehrerer jeweils spezifischer relevanter politischer Ressorts bestimmt wird. Drittens werden die Beratungsleistungen der Ressortforschung im Regelfall auf der Basis einer institutionell verstetigten Beziehung zu dem jeweiligen Ressort erbracht. Ressortforschung ist viertens im Anwendungsfeld selbst institutionell angesiedelt.¹⁴ Ressortforschungseinrichtungen können daher als Institutionalisierung ressortbezogener wissenschaftsbasierter Politikberatung begriffen werden. Diese Institutionalisierung von Ressortforschung hat eine lange Tradition in Deutschland.¹⁵

10 Siehe zum Beispiel Weingart, P. / Lentsch, J., Wissen – Beraten – Entscheiden. Form und Funktion wissenschaftlicher Politikberatung in Deutschland. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft 2008.

11 Zum Beispiel Boehmer-Christiansen, S., Reflections on scientific advice and EC transboundary pollution policy. – In: Science & Public Policy. 22(1995)3, S. 195 – 203. Böcher, M., Wissenschaftliche Politikberatung und politischer Prozess. – In: Macht Wissenschaft Politik? Erfahrungen aus der wissenschaftlichen Beratung im Politikfeld Wald und Umwelt. Hrsg. von M. Krott u. M. Suda. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007. S. 14 – 42.

In einem Forschungsprojekt untersuchten wir im Auftrag des Umweltbundesamtes die Ressortforschungseinrichtungen im Geschäftsbereich des BMU, das Umweltbundesamt (UBA), das Bundesamt für Naturschutz (BfN) und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS).¹⁶ All diese Einrichtungen belegen die Institutionalisierung von Ressortforschungseinrichtungen durch ihre formale Eigenschaft als „selbständige Bundesoberbehörden“ nach Art. 87 Abs. 3 Satz 1 GG im Ge-

- 12 Nach wie vor muss der wissenschaftssoziologische Forschungsstand zur Ressortforschung als spärlich bezeichnet werden. Vgl. jedoch zur Geschichte der Ressortforschungseinrichtungen Lundgreen, P. / Horn, P. / Krohn, W. / Küppers, G. / Paslack, R., Staatliche Forschung in Deutschland 1870 - 1980. Frankfurt/M.: Campus 1986. Aus theoretischer Sicht nach wie vor der wichtigste Anknüpfungspunkt Hohn, H.-W. / Schimank, U., Konflikte und Gleichgewichte im Forschungssystem, Frankfurt: Campus 1990. Erhellend zudem Ronge, V., „Ressortforschung“ als Modus der Verwendung (sozial)wissenschaftlichen Wissens. Zeitschrift für Rechtssoziologie. 9(1988)2, S. 161 - 76 sowie der provokative Beitrag Vaskovics, L. A., Soziologie und staatliche Ressortforschung. – In: Soziologie. 24(1996)4, S. 23 – 28. In jüngerer Zeit lässt sich jedoch eine verstärkte Zuwendung der Wissenschaftssoziologie zu den Besonderheiten der Ressortforschung beobachten: zum Beispiel Weingart, P. / Lentsch, J., Wissen - Beraten - Entscheiden. Form und Funktion wissenschaftlicher Politikberatung in Deutschland, Weilerswist: Velbrück Wissenschaft 2008. Oder die Beiträge von Barlösius: Barlösius, E., Forschen mit Gespür für politische Umsetzung – Position, interne Strukturierung und Nomos der Ressortforschung. – In: Der moderne Staat. 2(2009)2, S. 347 – 367; Barlösius, E., Ressortforschung. – In: Handbuch Wissenschaftspolitik. Hrsg. v. Dagmar Simon, Andreas Knie u. Stefan Hornbostel. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2010, S. 377 - 389. Betrachtet man genuin politikwissenschaftliche Zugänge, dann verwundert es sehr, dass in zwei jüngeren Handbüchern zur wissenschaftlichen Politikberatung der Ressortforschung als Institution und Modus wissenschaftsbasierter Politikberatung kein (Falk, S. / Rehfeld, D. / Römmle, A. / Thunert, M., Hrsg., Handbuch Politikberatung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2006) bzw. nur ein sehr geringer Raum (Murswieck, A., Politikberatung der Bundesregierung. – In: Politikberatung. Hrsg. v. S. Bröchler u. R. Schätzchel. Stuttgart: Lucius & Lucius 2008, S. 369 – 388) eingeräumt wird. Den politikwissenschaftlichen Forschungsstand repräsentiert Döhler, M., Die politische Steuerung der Verwaltung. Eine empirische Studie über politisch-administrative Interaktionen auf der Bundesebene (= Staatslehre und politische Verwaltung, Bd. 11). Baden-Baden: Nomos 2007. Döhler untersucht dabei die politische Steuerung von Bundesoberbehörden, darunter auch Ressortforschungseinrichtungen, unter anderen das Umweltbundesamt.
- 13 Weingart, P. / Lentsch, J., Wissen – Beraten – Entscheiden. Form und Funktion wissenschaftlicher Politikberatung in Deutschland, Weilerswist: Velbrück Wissenschaft 2008. S. 169.
- 14 Schimank, U., Zukunft der Ressortforschung, Vortrag am 24.02.2005 in Bonn, Manuskript, S. 1.
- 15 Lundgreen, P. / Horn, P. / Krohn, W. / Küppers, G. / Paslack, R., Staatliche Forschung in Deutschland 1870 – 1980. Frankfurt/M.: Campus 1986.
- 16 Böcher, M. / Krott, M., Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Reihe: Texte 39/2010) 2010.

schäftsbereich des BMU. Sie sind allesamt Institutionen des politisch-administrativen Systems Deutschlands und stellen staatliche Organe unmittelbarer, bundeseigener Verwaltung dar.¹⁷ Diese Ausrichtung auf den Wissensbedarf des BMU und anderer Ministerien¹⁸ macht deutlich, warum die Forschungstätigkeit der Ressortforschungseinrichtungen auch als „Forschen mit Gespür für politische Umsetzung“¹⁹ beschrieben wird. Schimank beschreibt diese Eigenheit als „Doppelanbindung“ der Ressortforschung: „wie jede Forschung an Wissenschaft, aber zugleich an Politik bzw. politisch vermittelte andere Anwendungsbezüge“.²⁰ Daraus folgert die Wissenschaftssoziologie, dass sich Ressortforschungseinrichtungen in einem aus der Doppelanbindung an wissenschaftliches und politisches System resultierenden dauerhaften Spannungsverhältnis zwischen der Handlungslogik wissenschaftlicher Forschung auf der einen und so genannten „außerwissenschaftlichen Leistungsbezügen“²¹ auf der anderen Seite befinden. „Außerwissenschaftliche Leistungsbezüge“ betreffen die in den jeweiligen Errichtungsgesetzen festgelegten Aufgaben der Behörden, zum Beispiel Informationsleistungen für staatliche Entscheidungsproduktion auf wissenschaftlicher Grundlage, Dienstleistungen für die Klientel des jeweiligen Ressorts, Kontrollleistungen jeweiliger Politiken und deren Vollzug.²²

Analytische Politikwissenschaft

Das Modell der Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung baut auf politikwissenschaftlichen Erkenntnissen über die Verwertung von Information im politischen Prozess und zum erfolgreichen Wissenstransfer auf.

Danach ist die Verwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse durch politische Akteure keine Selbstverständlichkeit. Vielmehr bedarf es bestimmter Bedingungen, damit wissenschaftliche Politikberatung im politischen Prozess auf Resonanz durch politische Akteure stößt.²³ Die bekannte, nach wie vor häufig herrschende Vorstellung, dass es eine lineare Sequenz zwischen politischer Problemdefinition, einer entsprechenden diesbezüglichen problemlösungsorientierten wissenschaftli-

17 Bruns, H., Akteure der Umweltpolitik. Frankfurt/M.: Peter Lang 1998. S. 133.

18 Zum Beispiel im Falle des UBA das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) oder im Falle des BfS das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

19 Barlösius, E., Forschen mit Gespür für politische Umsetzung – Position, interne Strukturierung und Nomos der Ressortforschung. – In: der moderne Staat. 2(2009)2, S. 347 – 367.

20 Schimank, U., Zukunft der Ressortforschung, Vortrag am 24.02.2005 in Bonn, Manuskript, S. 1.

21 Hohn, H.-W. / Schimank, U., Konflikte und Gleichgewichte im Forschungssystem, Frankfurt: Campus 1990.

22 Ebenda, S. 302 ff.

chen Beratung und einer daraus abgeleiteten sachrationalen politischen Entscheidung gebe, wurde durch empirische Erkenntnisse aus folgenden Gründen in Frage gestellt:²⁴ Zum einen entspricht die solchen Modellen innewohnende Vorstellung einer strikten Trennung zwischen der Sphäre der Erzeugung wissenschaftlichen Wissens und der Sphäre politischer Anwendung sowie die Vorstellung einer linearen Abfolge von Wissensproduktion, Beratung und politischer Entscheidung nicht der Wirklichkeit und Komplexität politischer Prozesse.²⁵ Zum anderen stellen das Streben nach Macht und die politischen Interessen der beteiligten Akteure zentrale Triebkräfte politischer Prozesse dar, in denen sich an der Suche nach „Wahrheit“ orientierte wissenschaftliche Erkenntnisse behaupten und aktiv durchgesetzt werden müssen.²⁶ Politische Akteure streben danach, ihre Interessen zu verwirklichen, und nutzen dabei auch selektiv Expertise, wenn dies zur Legitimierung ihrer Interessen dient.²⁷ Dabei bleibt die epistemische Funktion der wissenschaftlichen Beratung häufig auf der Strecke. Wissenschaftliche Politikberatung benötigt daher in vielen Fällen politische Akteure als Bündnispartner, die ein Interesse daran haben, mit wissenschaftlicher Expertise ihre politische Ziele zu verwirklichen und daher aktiv daran arbeiten, dass Politikberatung politisch relevant wird.²⁸

- 23 Böcher, M., Wissenschaftliche Politikberatung und politischer Prozess. – In: Macht Wissenschaft Politik? Erfahrungen aus der wissenschaftlichen Beratung im Politikfeld Wald und Umwelt. Hrsg. v. M. Krott u. M. Suda. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007. S. 14 – 42.
- 24 Böcher, M., Wissenschaftliche Politikberatung und politischer Prozess. A. a. O.; Lompe, K., Traditionelle Modelle der Politikberatung. – In: Handbuch Politikberatung. Hrsg. v. S. Falk, D. Rehfeld, A. Römmle u. M. Thunert. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2006. S. 25 – 34; Weingart, P., Die Stunde der Wahrheit? Velbrück Wissenschaft: Weilerswist 2001.
- 25 Böcher, M., Wissenschaftliche Politikberatung und politischer Prozess. – In: Macht Wissenschaft Politik? Erfahrungen aus der wissenschaftlichen Beratung im Politikfeld Wald und Umwelt. Hrsg. v. M. Krott u. M. Suda. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007. S. 14 – 42, S. 18.
- 26 Braun, D., Der Einfluß von Ideen und Überzeugungssystemen auf die politische Problemlösung. – In: Politische Vierteljahresschrift. 39(1998)4, S. 797 – 818.
- 27 Müller-Rommel, F., Sozialwissenschaftliche Politikberatung. Probleme und Perspektiven. – In: Aus Politik und Zeitgeschichte. 25(1984), S. 26 – 39; Murswieck, A., Wissenschaftliche Beratung im Regierungsprozess. – In: Regieren und Politikberatung. Hrsg. v. A. Murswieck. Opladen: Leske & Budrich 1994. S. 103 – 119; Radaelli, C. M., The Role of Knowledge in the Policy Process. – In: Journal of European Public Policy. (1995), S. 160 - 183; Boehmer-Christiansen, S., Reflections on scientific advice and EC transboundary pollution policy. – In: Science & Public Policy. 22(1995)3, S. 195 - 203.
- 28 Krott, M., Value and Risks of the Use of Analytical Theory in Science for Forest Policy. – In: Forest Policy & Economics i.E., accepted for publication.

Aus Sicht der analytischen Politikwissenschaft setzt sich nicht automatisch die zum jeweiligen Zeitpunkt bestmögliche wissenschaftliche Erkenntnis durch, sondern politische Akteure rezipieren und wählen wissenschaftliche Erkenntnisse aktiv und selektiv aus. Wissenschaftliche Politikberatung muss sich deshalb mit den Handlungsoptionen und Ressourcen politischer Akteure (zum Beispiel Bundesregierung, Verbände, Bürgerinnen und Bürger) abstimmen, die relevanten Akteure, sowohl Unterstützer als Bündnispartner, aber auch Gegner bestimmter wissenschaftlich fundierter Problemlösungen, identifizieren und mit zielgruppengerechten Informationen bedienen, um die Umsetzungschancen für wissenschaftlich basierte Politikempfehlungen zu erhöhen.²⁹

2.2. Fundierung im forschungspolitischen Diskurs

Da unser Modell theoretisch von einer erfolgreichen wissenschaftlichen Politikberatung nur dann ausgeht, wenn eine Integration der Ansprüche der Praxis in die Erstellung von Beratungsprodukten stattfindet, integrieren wir ebenfalls den gegenwärtigen forschungspolitischen Praxisdiskurs über Ressortforschung in die Entwicklung unseres Modells. Damit sollen dessen Inhalte anschlussfähig an die aktuellen politischen Praxisdiskussionen zur Ressortforschung sein, infolgedessen das Modell mit einer höheren Wahrscheinlichkeit tatsächlich auf Resonanz bei den politischen Akteuren stößt.

Wir nutzen grundsätzliche Erkenntnisse zu einer erfolgreichen wissenschaftlichen Politikberatung somit bereits bei der Entwicklung unseres Modells. Selbstverständlich kann im Gegensatz zu den Bezügen zur Wissenschaftssoziologie und zur analytischen Politikwissenschaft mit der Aufnahme aktueller forschungspolitischer Diskurse zur Modellentwicklung kein wissenschaftlicher Wahrheitsanspruch begründet werden. Im Sinne der Forschungsergebnisse zur Frage, wann wissenschaftliche Politikberatung politisch relevant wird, ergibt sich jedoch die zwingende Notwendigkeit, die forschungspolitische Diskussion einzubeziehen. Daher greift das Modell die forschungspolitischen Diskussionen über Ressortforschung auf und stützt sich unter anderen auf das „Konzept einer modernen Ressortforschung“ der Bundesregierung³⁰, welches im Dezember 2007 von der Bundesregierung verabschiedet wurde, diverse Ansprüche an eine „moderne“ Ressortforschung definiert und für die Ressorts verbindlich ist. So begreift unser Modell die Ressortforschung wie das Konzept der Bundesregierung als wichtige Institution zur Produktion „wissenschaftsbasierter Politikberatung“³¹. Unser

29 Ebenda.

30 Bundesregierung, Konzept einer modernen Ressortforschung, Berlin 2007.

31 Bundesregierung, Konzept einer modernen Ressortforschung, Berlin 2007, S. 3.

„Modell einer Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung“ sieht wie das Konzept Ressortforschung als „problemorientiert und praxisnah“ und „Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik“ an³². Aus gesellschaftlichen Problemlagen resultierende Fragestellungen für die Wissenschaft können durch Ressortforschungseinrichtungen multi- und transdisziplinär bearbeitet werden.³³

Nutzer und Anwender des Wissens werden als Zielgruppen selektiv und spezifisch eingebunden.³⁴ Die erforderliche Schnittstellenfunktion zwischen Wissenschaft und politischer Praxis wird durch Übersetzungsleistungen vom Wissenschaftssystem in die politische Praxis und umgekehrt wahrgenommen (ebenda). In unserem Modell spielen sowohl Kapazitäten für die Bedienung kurzfristigen Beratungsbedarfs als auch die Notwendigkeit, mittel- und langfristige Fragestellungen wissenschaftsbasiert bearbeiten zu können³⁵, eine wichtige Rolle.

Das Modell betont das Alleinstellungsmerkmal der Ressortforschungseinrichtungen als Institutionen zwischen Wissenschafts- und politischem System sowie ihre Fähigkeit, Wissenschaft, Politikberatung und Vollzug miteinander zu verknüpfen und für das Regierungshandeln (oder für andere politische Akteure) aufzubereiten. Diese Aufgabe spiegelt sich bei den drei betrachteten Einrichtungen im Geschäftsbereich des BMU auch in der an aktuellen Fragen und Problemlagen der Umweltpolitik (anstatt an Wissenschaftsdisziplinen) orientierten und der sich im Laufe der Jahre verändernden internen Organisation wider. Anhand der im Forschungsprojekt betrachteten Einrichtungen im Geschäftsbereich des BMU, dem Umweltbundesamt (UBA), dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) und dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), kann die multidisziplinäre Organisationslogik der Ressortforschungseinrichtungen am konkreten Beispiel des UBA aufgezeigt werden: Im Umweltbundesamt gibt es vier Fachbereiche: Den Fachbereich I „Umweltplanung und Nachhaltigkeitsstrategie“, den Fachbereich II „Gesundheitlicher Umweltschutz, Schutz der Ökosysteme“, den Fachbereich III „Nachhaltige Produktion und Produkte, Abfallwirtschaft“ und den Fachbereich IV „Chemikaliensicherheit“ sowie die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt). Innerhalb dieser nicht nach Wissenschaftsdisziplinen, sondern nach umweltpolitischen Fragen und Problemlagen organisierten Fachbereiche arbeiten in den jeweiligen Fachgebieten sozialwissenschaftlich und naturwissenschaftlich unterschiedlich ausgebildete Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter multidisziplinär an verschiedenen Themen der Umweltpolitik. Die Organisationsstruktur dieser

32 Bundesregierung, Konzept einer modernen Ressortforschung, Berlin 2007, S. 3.

33 Ebenda.

34 Ebenda.

35 Ebenda.

Ressortforschungseinrichtungen ergibt sich also aus den umweltpolitisch wahrzunehmenden Aufgaben und ist im Laufe der Zeit veränderbar: Zum Beispiel stellt die „Deutsche Emissionshandelsstelle“ eine neuere Einrichtung dar, die aus veränderten politischen Rahmenbedingungen resultiert. Das Organigramm des UBA hat sich seit dessen Gründung 1974 mehrfach geändert.

Ressortforschungseinrichtungen müssen sowohl kurzfristig abrufbare wissenschaftliche Kompetenz bereit stellen, zugleich mittel- und langfristig angelegte Fragestellungen kontinuierlich bearbeiten können und darüber hinaus auch in der Lage sein, antizipativ zukünftig bedeutsame Themen zu bearbeiten, auch wenn es dafür noch keinen kurzfristigen akuten politischen Handlungsbedarf gibt (Vorlauftforschung).³⁶

3. Das Modell der Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung

Im Folgenden stellen wir unser Modell von Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung dar. Zunächst steht dabei eine Einordnung des Modells in den Forschungsstand zur wissenschaftlichen Politikberatung im Mittelpunkt (3.1.), woraus sich unsere Definition von Ressortforschung ableitet (3.2). Darauf aufbauend kann mit den „Produktionslinien“ die Ressortforschungspraxis erfasst werden, wie es in 3.3. auch anhand von Beispielen illustriert wird.

3.1. Wissenschaftliche Politikberatung und Ressortforschung

Wissenschaftsbasierte Politikberatung muss, um erfolgreich zu sein, sowohl auf den aktuellen Erkenntnissen der Wissenschaft beruhen als auch wirkungsvolles politisches Handeln ermöglichen. Sie steht daher zwischen den Handlungsrationalitäten der Systeme „Wissenschaft“ und „Politik“.³⁷ Wir begreifen Ressortforschung im Sinne politikwissenschaftlicher Erkenntnisse als „Schnittstelle“ (Interface) zwischen dem System der „Wissenschaft“ und dem politischen System. Eine solche Funktion ist in der (politik-)wissenschaftlichen Literatur für Politikberatung beschrieben und erscheint aus unserer Sicht als fruchtbar.³⁸ Das Spannungsverhältnis zwischen den verschiedenen Rationalitäten wird innerhalb der Ressortforschung durch Integrationsleistungen zwischen Praxisansprüchen und wissenschaftlicher Erkenntnis bearbeitet.

36 Bundesregierung, Konzept einer modernen Ressortforschung, Berlin 2007, S. 4.

37 Systemtheoretisch ausgedrückt kommuniziert das System „Wissenschaft“ mit dem Code „Wahrheit“, während die Politik mit dem Code „Macht“ kommuniziert.

Wissenschaft zielt darauf ab, nachprüfbar innovative Erkenntnisse unter Nutzung innerwissenschaftlich akzeptierter Methoden und Standards zu erzeugen - im Sinne einer Erhöhung des uns zur Verfügung stehenden Informationsspektrums zur Erklärung und Voraussage von Phänomenen innerhalb der realen Welt³⁹. Hingegen versucht die Politik, kollektiv verbindliche Regelungen und Entscheidungen in und zwischen Gruppen von Menschen vor dem Hintergrund unterschiedlicher gesellschaftlicher Interessen unter den Bedingungen von Macht und Konsensbedarf zu treffen.⁴⁰

Die wissenschaftliche Sach-Rationalität entspringt dabei dem „wissenschaftlichen State of the art“, während die politische Rationalität der Logik von Entscheidungsfindung unter herrschenden politisch-institutionellen Rahmenbedingungen, insbesondere Interessenkonflikten, öffentlicher Zielvorgaben, begrenzter finanzieller Ressourcen und unterschiedlicher Machtpotenziale entspricht. Die politische Rationalität bietet für die Durchsetzung wissenschaftlicher Rationalität wenig Spielraum.

Aufgrund der unterschiedlichen Handlungslogiken der beiden Systeme findet kein automatischer linearer Transfer der wissenschaftlich besseren Erkenntnis statt.⁴¹ Eine hohe Qualität und Verfügbarkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse sind zwar notwendige, jedoch keineswegs hinreichende Bedingungen für eine erfolgreiche wissenschaftliche Politikberatung.⁴² Entscheidend für eine erfolgreiche

- 38 Böcher, M. / Krott, M., Politikberatung durch autonome Diskurse – das Beispiel Erfolgsfaktoren für nachhaltige Regionalentwicklung. – In: *Macht Wissenschaft Politik?* Hrsg. v. M. Krott u. M. Suda. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007. S. 175 – 202; Moll, P. / Zander, U., *Managing The Interface*. München: Oekom 2006; Lehmann, L. / Rieder, S., Von Mägden und Knechten in Wissenschaft und Politik. – In: *tec21*. 26(2003), S. 6 - 8; Hirsch Hadorn, G. / Kissling-Näf, I. / Pohl, C., How to Design Interfaces Between Science and Society: Lessons From Platforms for Knowledge Communication in Switzerland. – In: *Proceedings of the 2002 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change “Knowledge for the Sustainability Transition. The Challenge for Social Science”*. Hrsg. v. F. Biermann, S. Campe u. K. Jacob. Amsterdam, Berlin, Potsdam and Oldenburg: Global Governance Project 2003. S. 285 – 291; Freiburghaus, D., Interfaces zwischen Wissenschaft und Politik. – In: *Schweizerisches Jahrbuch für politische Wissenschaft*. 29(1989), S. 267 – 277.
- 39 So definiert bei: Wenturis, N. / Van hove, W. / Dreier, V., *Methodologie der Sozialwissenschaften*. Tübingen: Francke 1992. S. 68.
- 40 Alemann, U. v., *Politikbegriffe*. – In: *Politikwissenschaftliche Methoden*. Hrsg. v. J. Kriz, D. Nohlen u. R.-O. Schultze. München: Beck 1994. S. 297 - 301.
- 41 Weingart, P., *Wissenschaftssoziologie*. Bielefeld: Transcript 2003.
- 42 Böcher, M., *Wissenschaftliche Politikberatung und politischer Prozess*. – In: *Macht Wissenschaft Politik? Erfahrungen aus der wissenschaftlichen Beratung im Politikfeld Wald und Umwelt*. Hrsg. v. Max Krott u. M. Suda. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007. S. 14 – 42.

wissenschaftliche Politikberatung sind vielmehr unter anderem eine zielgruppen-gerechte und selektive Auswahl und „Übersetzung“ wissenschaftlicher Erkennt-nisse in die interessen- und machtbestimmte Praxis der (Umwelt-)Politik.⁴³ In der Literatur werden bezüglich einer erfolgreichen Übersetzung zwischen Wis-senschaft und Praxis drei Hauptkriterien diskutiert: Diese sind Relevanz der In-formationen, Glaubwürdigkeit und Legitimation.⁴⁴ Sie sind geeignet, die wissenschaftliche Forschung besser auf die Nachfrage der Praxis auszurichten.⁴⁵ Allerdings weisen die Ergebnisse von Weingart darauf hin, dass in der Praxis zu der Eignung der Forschung für die beste Problemlösung noch eine „Politisie-rung“ hinzukommt, die Problemlösungen aus dem Blickwinkel politischer Inter-essen sieht und definiert.⁴⁶ In der Politik gibt es nicht nur eine homogene Nachfrage nach Wissenschaft, sondern derer viele, je nach Interessensposition. Die Kriterien für Transfer - Relevanz, Glaubwürdigkeit und Legitimation – sind daher stets auf konkrete Akteure als Zielgruppen zu beziehen, die ihnen in der politischen Praxis Gewicht verleihen können.⁴⁷

Relevanz der wissenschaftsbasierten Beratungsinformationen für die Interes-sen politischer Akteure ist ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche wissenschaft-liche Politikberatung.⁴⁸ Das Kriterium der Relevanz bezieht sich auf die durch wissenschaftliche Beratung bereitgestellten Informationen. Diese müssen durch

- 43 Freiburghaus, D., Interfaces zwischen Wissenschaft und Politik. – In: Schweizerisches Jahrbuch für politische Wissenschaft. 29(1989), S. 267 – 277.
- 44 Cash, D. W. / Clark, W. C. / Dickson, N. / Eckley, N. / Jäger, J., Saliency, Credibility, Legiti-macy and Boundaries: Linking Research, Assessment and Decision Making. KSG Faculty Research Working Paper 02-046. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University 2002; Mitchell, R. B. / Clark, W. C. / Cash, D. W. / Alcock, F., Science, Scientists and the Policy Process: Lessons from Global Environmental Assessments for the Northwest For-est. – In: Forest Futures: Science, Politics and Policy for the next Century. Ed. by K. Arabas and J. Bowersox. Lanham, MD: Rowman & Littlefield 2004. S. 95 – 111.
- 45 Sarewitz, D. / Pielke, R. A. Jr., The neglected heart of science policy: reconciling supply of and demand for science. – In: Environmental Science & Policy. 10(2007), S. 5 – 16.
- 46 Weingart, P., Wissenschaftssoziologie. Bielefeld: Transcript 2003.
- 47 Krott, M., Value and Risks of the Use of Analytical Theory in Science for Forest Policy. A.a.O.
- 48 Hey, C., 35 Jahre Gutachten des SRU – Rückschau und Ausblick. – In: Zwischen Wissenschaft und Politik. 35 Jahre Gutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen. Hrsg. v. H.-J. Koch u. C. Hey. Berlin: Erich Schmidt Verlag 2009. S. 161 – 279; Cash, D. W. / Clark, W. C. / Dickson, N. / Eckley, N. / Jäger, J., Saliency, Credibility, Legitimacy and Boundaries: Linking Research, Assessment and Decision Making. KSG Faculty Research Working Paper 02-046. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University 2002; Mitchell, R. B. / Clark, W. C. / Cash, D. W. / Alcock, F., Science, Scientists and the Policy Process: Lessons from Global Environmental Assessments for the Northwest Forest. – In: Forest Futures: Science, Pol-itics and Policy for the next Century. Ed. by K. Arabas and J. Bowersox. Lanham, MD: Row-man & Littlefield 2004. S. 95 – 111.

politische Akteure tatsächlich nachgefragt werden und für deren tägliche Arbeit oder Entscheidungen relevant sein.⁴⁹ Wissenschaftliche Politikberatung muss anschlussfähig an die Erwartungen und strukturellen Anforderungen der politischen Auftraggeber sein.⁵⁰ Dazu gehört auch, sehr kurzfristig den Beratungsbedarf bedienen zu können. Wissenschaftliche Politikberatung kann nur dann Relevanz ausbilden, wenn sie in einer der politischen Praxis angemessenen Kommunikation vermittelt wird, um Sprach- und Verständnisbarrieren zwischen Wissenschaft und politischer Praxis zu überwinden.⁵¹ Die Anwendung wissenschaftlicher Expertise hängt auch davon ab, inwieweit es gelingt, ihre Inhalte zielgruppengerecht und spezifisch an den (Medien-) Bedürfnissen der jeweiligen Bündnispartner ausgerichtet zu vermitteln.⁵²

Glaubwürdigkeit: Politische Akteure müssen wissenschaftliche Politikberatungsakteure und -institutionen sowie die durch diese vermittelten Inhalte wissenschaftsbasierter Politikberatung als glaub- und vertrauenswürdig empfinden.⁵³ Akteure betrachten häufig ganz bestimmte Informationsquellen als glaub- und/oder vertrauenswürdiger als andere. Wenn zum Beispiel mit einer Informationsquelle in der Vergangenheit gute Erfahrungen gemacht worden sind, so verleiht das dieser Informationsquelle hohes Vertrauen und eine hohe Glaubwürdigkeit im Gegensatz zu Informationsquellen, mit denen ein Akteur noch keine Erfahrungen gemacht hat. Wissenschaftliche Verfahren erhöhen als solche bereits die Glaubwürdigkeit, ohne dass Praktiker die wissenschaftliche Argumentation im Einzelnen nachvollziehen könnten.

Legitimation bezieht sich auf die Frage, ob ein politischer Akteur den Beratungsprozess als transparent, unvoreingenommen sowie politisch und prozedural

49 Cash, D. W. / Clark, W. C. / Dickson, N. / Eckley, N. / Jäger, J., Saliency, Credibility, Legitimacy and Boundaries: Linking Research, Assessment and Decision Making. KSG Faculty Research Working Paper 02-046. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University 2002. S. 4.

50 Renn, O., Varianten wissenschaftlicher Politikberatung. – In: GAIA 12(2003)2, S. 139 – 140, S. 139.

51 Müller-Rommel, E., Sozialwissenschaftliche Politikberatung. Probleme und Perspektiven. – In: Aus Politik und Zeitgeschichte. 25(1984), S. 26 – 39.

52 Böcher, M., Wissenschaftliche Politikberatung und politischer Prozess. – In: Macht Wissenschaft Politik? Erfahrungen aus der wissenschaftlichen Beratung im Politikfeld Wald und Umwelt. Hrsg. v. M. Krott u. M. Suda. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007. S. 14 - 42, S. 33.

53 Cash, D. W. / Clark, W. C. / A. F. / Dickson, N. / Eckley, N. / Jäger, J., Saliency, Credibility, Legitimacy and Boundaries: Linking Research, Assessment and Decision Making. KSG Faculty Research Working Paper 02-046. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University 2002. S. 4.

als fair ansieht.⁵⁴ Wissenschaftliche Politikberatung kann solchen Standards genügen, indem sie sich am öffentlichen Zweck orientiert und Gemeinwohlwerte, Interessen und Wünsche der Gesellschaft und beteiligter Akteure in den Beratungsprozess integriert und nicht einseitig parteiergreifend die Interessen ganz bestimmter Akteure vertritt. Die Legitimation der wissenschaftlichen Beratung steigt, wenn der Beratungsprozess und die ihm zugrunde liegenden Erkenntnisse transparent sind und die Bedenken der verschiedenen beteiligten zu beratenden Akteure berücksichtigt werden – denn diese Akteure sollen letztendlich wissenschaftliche Empfehlungen in der politischen Praxis anwenden. Hier geht es zum einen um eine verständliche Wissenschaftskommunikation, aber auch darum, die Erfahrungen und speziellen Wissensbestände politischer Praxis und deren Akteure für den Beratungsprozess nutzbar zu machen.

Diese Erfolgsfaktoren wissenschaftlicher Politikberatung spielen für die Betrachtung von Ressortforschungseinrichtungen eine wichtige Rolle, da diese verstanden werden können als institutionalisierte Antworten des Staates auf Beratungsprobleme. Durch Einbindung in die Ministerialverwaltung, die strikte Aufgabenbezogenheit ihrer Forschungstätigkeit und den ständigen Zugriff auf ihre Beratungsleistung per ministerialen Erlass bieten die Ressortforschungseinrichtungen eine gute Grundvoraussetzung zur Sicherung der Relevanz ihrer Beratungsleistungen. Als Bundesoberbehörden im Geschäftsbereich des BMU, die der Gesetzgeber dauerhaft eingerichtet hat, verfügen sie über eine hohe Glaubwürdigkeit und eine hohe demokratische Legitimation, die sie dazu befähigt, am öffentlichen Zweck orientiert politische Akteure zu beraten. Ressortforschungseinrichtungen können somit auch verstanden werden als eine Variante wissenschaftsbasierter Politikberatung, die sehr gut geeignet ist, Anforderungen an erfolgreiche Politikberatungsprozesse zu erfüllen.

In unserem Modell gehen wir einen Schritt über diese allgemein akzeptierten Kriterien für eine erfolgreiche Politikberatung hinaus und erweitern die Kriterien um den Aspekt eines besonderen Bezugs zu den Interessen der zu beratenden Akteure, die wir als wichtige Bündnispartner zur Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse begreifen.⁵⁵ Dies folgt neueren Studien zur Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Praxis, die von einer Politisierung der Expertise⁵⁶ aus-

54 Cash, D. W. / Clark, W. C. / A. F. / Dickson, N. / Eckley, N. / Jäger, J., *Saliency, Credibility, Legitimacy and Boundaries: Linking Research, Assessment and Decision Making*. KSG Faculty Research Working Paper 02-046. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University 2002, S. 5; Renn, O., *Möglichkeiten und Grenzen sozialwissenschaftlicher Politikberatung*. – In: *Politikberatung in Deutschland*. Hrsg. v. Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2006. S. 47 – 70.

55 Krott, M., *Value and Risks of the Use of Analytical Theory in Science for Forest Policy*. A.a.O.

gehen und aufgrund der unterschiedlichen Interessen der verschiedenen politischen Akteure schlussfolgern, dass es besonders darauf ankommt, die Nachfrage (demand) der verschiedenen, unterschiedlich mächtigen politischen Akteure aktiv mit dem zur Verfügung stehenden Angebot (supply) zu koppeln.⁵⁷

Bestandteil unseres Modells der Ressortforschung ist daher, dass Relevanz, Glaubwürdigkeit und Legitimation immer bezogen auf bestimmte Akteure als Zielgruppe und somit Bündnispartner der wissenschaftsbasierten Politikberatung betrachtet werden. Gelingt eine akteurspezifische Beratung, können Akteure zu Bündnispartnern für die Umsetzung wissenschaftsbasierter Politikberatung werden.⁵⁸ Dazu addiert sich die oben dargestellte Notwendigkeit der Verwendung einer entsprechenden zielgruppenspezifischen Kommunikationsstrategie und Sprache⁵⁹, die zwischen verschiedenen Adressaten (Wissenschaft, politische Akteure, Bürgerinnen und Bürger, vollziehende Verwaltung) unterscheidet.

Unser Modell von Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung sieht die Ressortforschung an der Schnittstelle zwischen den Systemen der Wissenschaft und der Politik. Ressortforschung konstituiert sich aus drei Bausteinen: Forschung, Integration und Verwertung. Diese stellen - analytisch betrachtet - jeweils eigene getrennte Diskurse dar, welche durch Produktionslinien in Verbindung stehen (siehe Abbildung 1). Nur die Verbindung aus Forschung, Integration und Verwertung definiert Ressortforschung, wobei die Arbeitsschritte Forschung, Integration und Verwertung jeweils unterschiedliche Teilaufgaben erfüllen, sie werden aber nicht nacheinander, sondern in einem ständigen Wechsel, insbesondere zwischen Forschung und Integration, ausgeführt. Dieser wiederholte Wechsel wird in der Produktionslinie dargestellt. Mit Hilfe der Produktionslinie kann einerseits dieser wiederholte Wechsel zwischen den verschiedenen Tätigkeiten der Ressortforschung sichtbar gemacht werden und andererseits wird es erstmals möglich, die Menge der einzelnen Tätigkeiten aus Forschung und Integration, die notwendig ist, um Verwertungsprodukte zu erstellen, quantitativ zu erfassen.

56 Weingart, P., *Wissenschaftssoziologie*. Bielefeld: Transcript 2003.

57 Sarewitz, D. / Pielke, R. A. Jr., The neglected heart of science policy: reconciling supply of and demand for science. – In: *Environmental Science & Policy* 10(2007), S. 5 – 16.

58 Böcher, M. / Krott, M., *Politikberatung durch autonome Diskurse – das Beispiel Erfolgsfaktoren für nachhaltige Regionalentwicklung*. – In: *Macht Wissenschaft Politik?* Hrsg. v. M. Krott u. M. Suda. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007. S. 175 – 202.

59 Müller-Rommel, F., *Sozialwissenschaftliche Politikberatung. Probleme und Perspektiven*. – In: *Aus Politik und Zeitgeschichte*. 25(1984), S. 26 – 39; Renn, O., *Varianten wissenschaftlicher Politikberatung*. – In: *GAIA*. 12(2003)2, S. 139 – 140.

3.2. Definition von Ressortforschung

Wichtig ist, dass alle Ressortforschungsprodukte Anteile an Forschung, Integration und Verwertung – gleichwohl wie groß diese Anteile sind – enthalten. Aus diesem Modell folgend definieren wir Ressortforschung wie folgt:

Ressortforschung ist die Verbindung von Forschung und Integration und Verwertung.

Inhalt und Ausmaß von Forschung und Integration leiten sich aus den Anforderungen der Verwertung, das heißt aus den gesetzlich definierten Aufgaben, ab.⁶⁰

Im Folgenden sollen die einzelnen Bausteine unseres Modells sowie die Produktionslinien ausführlich erläutert werden:

Forschung

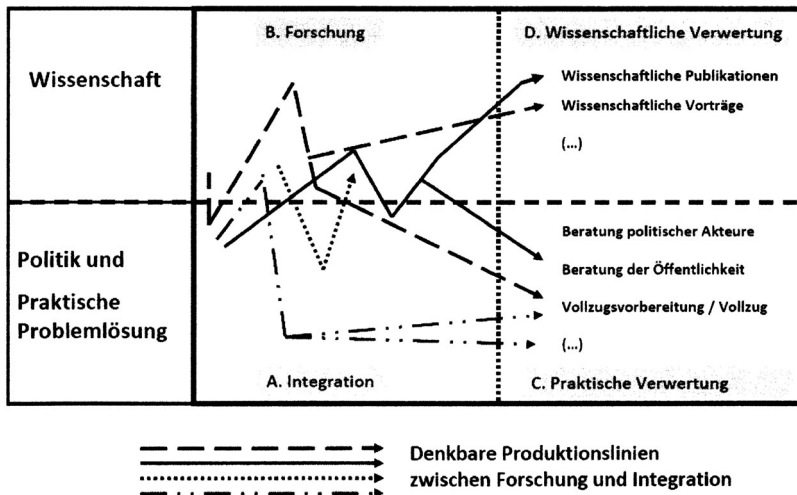
Forschung ist analog zu einschlägigen Definitionen als ein Prozess, der Erkenntnisse unter Nutzung innerwissenschaftlich akzeptierter Methoden und Standards erzeugt zu verstehen.⁶¹ Die Hauptaufgabe der Forschung in den Ressortforschungseinrichtungen ist jedoch nicht, Forschungsfragen auf der Basis des Standes von Theorien oder von Entwicklungstrends wissenschaftlicher Disziplinen losgelöst von Praxisproblemen auszuwählen. Vielmehr garantiert die Forschung dieser Einrichtungen den „State of the art“ derjenigen wissenschaftlichen Theorien, Methoden und Daten, die zuvor durch Integration überhaupt als relevant für die Praxisprobleme ausgewählt wurden. Die Ausrichtung der Forschung auf diese Praxisprobleme stellt das Alleinstellungsmerkmal der Ressortforschung dar und gewährleistet zudem die Nutzung von Multi- und Transdisziplinarität in der Aufgabenwahrnehmung. Die Forschung selbst besteht aus den üblichen Schritten des wissenschaftlichen Arbeitens:⁶² 1) Identifizierung der Forschungsfragen, 2) Definition des Forschungsgegenstandes, 3) Entwicklung von Forschungsmetho-

60 Die in den Ressortforschungseinrichtungen stattfindende Forschung soll als Mittel, die gesetzlich vorgegebenen Kompetenzen erfüllen zu können, immer aufgabenadäquat nach dem Errichtungsgesetz sein, vgl. Bull, H. P. / König, K. / Kubier, J., Bericht der Arbeitsgruppe „Modernisierung des Bundesamtes für Strahlenschutz“. – In: Modernisierung des Bundesamtes für Strahlenschutz – Aufgaben und Herausforderungen. Hrsg. v. Bundesamt für Strahlenschutz. Salzgitter: BfS 2006.

61 Schnell, R. / Hill, P. B. / Esser, E., Methoden der empirischen Sozialforschung, München [u.a.], Oldenbourg 2008 (8. Aufl.). S. 7 ff.; Kromrey, H., Empirische Sozialforschung: Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung. Opladen, Leske und Budrich 2000. S. 67 ff.; Atlaslander, P., Methoden der empirischen Sozialforschung, Berlin [u.a.], de Gruyter 1995. S. 30 ff.

Abbildung 1: *Modell einer Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung*

Quelle: Böcher, M. / Krott, M., Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Reihe: Texte 39/2010)2010, S. 27



den, 4) Datenerhebung und Datenanalyse, 5) Wissenschaftliche Interpretation. In all diesen für Forschungsprozesse jedweder Wissenschaftsinstitution typischen Schritten müssen auch Ressortforschungseinrichtungen die Berücksichtigung des wissenschaftlichen „State of the Art“ zum Beispiel durch Maßnahmen der Quali-

62 Über diese Schritte besteht – trotz unterschiedlicher Benennung – Einigkeit in der wissenschaftlichen Literatur. Siehe zum Beispiel Bortz, J. / Döring, N., Forschungsmethoden und Evaluation, Heidelberg: Springer 2009 (unv. Nachdruck der 4. Auflage 2006); Schnell, R. / Hill, P. B. / Esser, E., Methoden der empirischen Sozialforschung, München [[u.a.], Oldenbourg 2008 (8. Aufl.); Meyer-Abich, K. M., Warum machen wir das eigentlich? Erkenntnisideale und erkenntnisleitende Gefühle in der Naturwissenschaft. – In: Wissenschaftstheoretische Perspektiven für die Umweltwissenschaften. Hrsg. v. G. Matschonat u. A. Gerber. Weikersheim: Margraf 2003. S. 197 – 207; Kromrey, H., Empirische Sozialforschung: Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung. Opladen, Leske und Budrich 2000; Winkler, J. R. / Falter, J. W., Grundzüge der politikwissenschaftlichen Forschungslogik und Methodenlehre. – In: Grundzüge der Politikwissenschaft. Hrsg. v. A. Mohr. München: Oldenbourg 1995. S. 65 – 141; Atteslander, P., Methoden der empirischen Sozialforschung, Berlin [[u.a.], de Gruyter 1995.

tätssicherung wie Beachtung der „Guten wissenschaftlichen Praxis“⁶³ sichern.⁶⁴ Der Unterschied zu anderen wissenschaftlichen Einrichtungen liegt nun aber darin, dass die Ausrichtung der Ressortforschung auf Integration mit praktischer Problemlösung und Verwertung zur Folge hat, dass vielfach bereits die Bearbeitung einzelner Schritte des Forschungsprozesses zur Erledigung der Aufgaben ausreicht und dass die Forschungsaktivitäten nicht vorwiegend zur Weiterentwicklung einer Disziplin oder Publikationszwecken dienen. Hierin unterscheidet sich die Ressortforschung von universitärer Forschung, obwohl der „State of the art“ für beide gleichermaßen gilt.

Integration

In unserem Modell der Ressortforschung stellt Integration den Prozess der Ausrichtung der Forschung auf ein Praxisproblem mit dem Ziel, dieses zu beschreiben und erfolgreich zu lösen, dar. Die Ausrichtung vollzieht sich in zwei Richtungen: Einerseits wird die Nachfrage der Praxis nach wissenschaftlich fundierten Lösungen ermittelt und für die Selektion von Forschungsfragen eingesetzt, andererseits werden wissenschaftliche Forschungsergebnisse nach deren Relevanz für die Praxislösung ausgewählt und zusammengefasst.

Die Integration verbindet wissenschaftliche Erkenntnisse mit Anforderungen der Praxis, wobei die Vorgaben der auftraggebenden Ressorts eine besondere Berücksichtigung finden. Die Verbindung erfordert den ständigen Wechsel zwischen Forschung und Integration und gelingt nur bei guten wissenschaftlichen Fachkenntnissen und weitreichendem Wissen über die politische Praxis. In ihrem Wissen über Akteure und über die Besonderheiten und Ansprüche der politischen Praxis und Ressortlogik unterscheidet sich die Ressortforschung sowohl von universitärer als auch von anderer außeruniversitärer Forschung.

Die Integration verbindet die Welt der Praxis mit der der Forschung durch Selektion einzelner Wissensbausteine und weist damit zwei Schlüsseigenschaften auf: Sie kann erstens als Manifestation des Anspruchs der Transdisziplinarität an die Praxis der Ressortforschung verstanden werden. In der Integration werden Positionen und Informationsbedürfnisse der Praxisakteure hypothetisch vorweggenommen. Dies geschieht in den Ressortforschungseinrichtungen, die wir betrachtet haben, täglich, wenn wissenschaftliche Forschungsergebnisse hinsichtlich der unterschiedlichen Zielgruppen (zum Beispiel Ministerium, Bürgerinnen und

63 Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis, Denkschrift, Weinheim: Wiley-VCH 1998.

64 Wissenschaftsrat, Empfehlungen zur Rolle und künftigen Entwicklung der Bundeseinrichtungen mit FuE-Aufgaben, Köln: Wissenschaftsrat 2007.

Bürger) und deren Informationslücken spezifisch aufbereitet werden (Erstellen einer knappen Stellungnahme für das BMU, Verfassen einer Informationsbroschüre für Bürgerinnen und Bürger, ...). Um den Anspruch der Transdisziplinarität zu erfüllen, macht es unseres Erachtens keinen Unterschied, ob dieser hypothetisch oder tatsächlich durch Integration der Praktiker in die Arbeit eingelöst wird.

Zweitens erwächst aus den Ansprüchen der Integration die Notwendigkeit, problemlösungsorientiert Wissensbausteine unterschiedlicher Disziplinen zu nutzen und dabei sowohl die Kriterien Gültigkeit des wissenschaftlichen „State of the art“ als auch Relevanz für die politische Problemlösung zu erfüllen. Damit bedingt Integration auch Multidisziplinarität.

Für die Integrationsleistungen in der Ressortforschung ist die Erfahrung aus der langjährigen institutionalisierten Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Ministerien und anderen Auftraggebern aus dem politischen Raum von Bedeutung. Aber auch Kenntnisse über die Interessen der Wirtschaft, der Umwelt- und Naturschutzverbände und der Bürgerinnen und Bürger sind wichtig. Die Integration stützt sich auf verschiedene Wissensarten.⁶⁵ In ihr werden die wissenschaftlichen Informationen mit denen aus anderen Wissensarten zu einer wissenschaftsbasierten Politikberatung verknüpft. Die Integration schwächt nicht die Erkenntnisse aus der Forschung, sondern sie fügt ihnen einen Zusatzwert hinzu, nämlich denjenigen, über Praxisprobleme und deren Lösungen eine direkte und für die Praxis verständliche Aussage zu machen und zudem unmittelbar relevant für die nachfragenden Ressorts zu sein. Zur erfolgreichen Erzielung dieses Zusatznutzens sind die innerhalb der betrachteten Ressortforschungseinrichtungen vorhandenen Wissensbestände eine wichtige Ressource, z.B. das über Jahre aufgebaute „Branchenwissen“ des UBA, welches entscheidend für die Fortschreibung von Grenzwerten für die Industrie ist.

Verwertung

Verwertung bezeichnet die nach außen gerichteten Handlungen der Ressortforschung, die den Informationsstand der Akteure verändern und insbesondere politische Entscheidungen vorbereiten. Die Informationen können auch unmittelbar Entscheidungen nach sich ziehen oder, soweit die Ressortforschung Vollzugsaufgaben übernimmt, sanktionsbewährte Handlungsvorgaben beinhalten. Zur Verwertung gehören die Vollzugsvorbereitung bzw. in bestimmten Fällen auch der

65 Zum Beispiel Erfahrungswissen zur Kommunikation mit der Industrie, Wissen über den politischen Prozess, Wissen über Verwaltungsabläufe, Wissen über Kommunikation mit den Ministerien usw.

Vollzug und die Beratung der politischen Akteure und der Bürgerinnen und Bürger sowie der Medien. Zur Verwertung zählen auch Beiträge der Ressortforschung zum wissenschaftlichen Diskurs. Die verschiedenen Verwertungsprodukte werden durch die gesetzlichen Aufgaben der Einrichtung normiert.

Im Unterschied zur Integration, welche die Verwertungsprodukte vorbereitet, tritt die Ressortforschungseinrichtung in der Verwertung über bestimmte Handlungen mit Zielgruppen in Kontakt oder nutzt Ergebnisse für die eigene weiterführende Arbeit, zum Beispiel Methoden, die die Einrichtungen im Vollzug anwenden. Die Verwertung will Veränderungen bei bestimmten Akteuren bewirken. Sie bedarf eigener Verfahren und Ressourcen, um Einfluss auf Handlungen anderer zu gewinnen. Demgegenüber besteht die Integration nur aus interner Informationsverarbeitung, um Produkte mit hoher Praxisrelevanz zu erzeugen.

So stellt die Verfassung einer Stellungnahme eine Integrationsaufgabe dar, während deren Weitergabe Kennzeichen für die Verwertung ist. In der Verwertung wird direkt mit Zielgruppen kommuniziert, um deren Handlungen zu unterstützen. In der Verwertung sind daher aktive positive und negative Reaktionen der Praxisakteure unvermeidlich. Die inhaltliche Konzeption einer Bürgerbroschüre besteht aus den Schritten Forschung und Integration, während ein Vortrag darüber im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung unter Verwertung fällt und das Ziel hat, den Informationsstand der Zuhörer zu verbessern.

Verwertung kann dabei im Gegensatz zu Integration auch tatsächliche transdisziplinäre Praktiken ausbilden, da mit Zielgruppen ein unvermittelbarer Kontakt besteht.

3.3. Die Produktionslinien

Die Produktionslinien verbinden die getrennten Diskurse Forschung, Integration und Verwertung und bilden die Erstellung von Produkten der wissenschaftsbasierten Politikberatung ab. Sie führen von der Beauftragung / Initiierung im Tätigkeitsfeld Integration zum Tätigkeitsfeld Forschung und wieder zurück in die Integration, so lange, bis das Produkt in die Verwertung nach außen abgegeben wird. Sie erfassen damit den für Ressortforschung typischen wiederholten Wechsel zwischen Integration und Forschung und machen deutlich, dass in einzelne Beratungsprodukte immer Anteile von Forschung und Integration einfließen. Beispielsweise könnte das BMU das UBA per Erlass dazu beauftragen, Vorschläge für eine Emissionsrichtlinie zu entwickeln (Initiierung eines Ressortforschungsprozesses aus der Integration). Die Forscherinnen und Forscher im UBA prüfen daraufhin zum Beispiel den aktuellen wissenschaftlichen Forschungsstand zu Emissionen bestimmter Stoffe oder beauftragen einen externen

Forschungsnehmer zu bestimmten Untersuchungen dazu (zum Beispiel Verhältnis Menge an Stoffemissionen zu Umweltwirkungen). Daraufhin wird als Integrationsleistung ein konkreter Vorschlag für eine Richtlinie auf der Basis der Forschungsergebnisse entwickelt und an das BMU geliefert. Sollte das Ministerium mit den Vorschlägen zufrieden sein, könnten diese in der Verwertung zu vollzugsvorbereitenden Maßnahmen genutzt werden. Denkbar wäre auch, dass bestimmte Vorschläge noch nicht verwertungsfähig sind, so dass erneut Integrations- und Forschungsleistungen zu erbringen sind. Schließlich können aus den Ressortforschungstätigkeiten verschiedene Produkte der praktischen Verwertung (Beratung politischer Akteure und der Öffentlichkeit, oder Vollzugsvorbereitung bzw. Vollzug) entspringen. Zudem wäre es möglich, dass Verwertungsprodukte für die Wissenschaft erzeugt werden, wenn zum Beispiel eine Ressortforschungstätigkeit zu Forschungsergebnissen führt, die durch Publikationen oder Vorträge speziell für die Zielgruppe „Scientific Community“ nach außen gegeben werden. Die in Abbildung 1 dargestellten Produktionslinien zeigen verschiedene Varianten der Ressortforschungsprozesse, die auch durch die Einrichtungen selbst angestoßen werden können (Beginn im Handlungsbereich Forschung): wenn zum Beispiel eine Ressortforschungseinrichtung auf wissenschaftliche Erkenntnisse stößt, die politisch relevant sind und diese Relevanz dem Ressort vermittelt, so dass dieses wiederum die Einrichtung beauftragt, ein entsprechendes Ressortforschungsprodukt zu erstellen.

Die Produktionslinien stellen den Bearbeitungsprozess von Produkten der wissenschaftsbasierten Politikberatung dar. Sie erfassen den wiederholten Wechsel zwischen Tätigkeiten der Integration und Tätigkeiten der Forschung bis ein Produkt nach außen in die Verwertung abgegeben wird. Die Produktionslinien ermöglichen eine differenzierte Erfassung der Praxis der Ressortforschung. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass in jedes Produkt Anteile von Forschung, Integration und Verwertung einfließen. Die Produktionslinie zeigt die Verbindung zwischen den einzelnen Tätigkeiten und deren zeitliche Abfolge. Sie ermöglicht es, die Anteile der unterschiedlichen Tätigkeiten, zum Beispiel gemessen in Personentagen, zu ermitteln und macht darüber hinaus deutlich, dass der Umfang der Tätigkeiten je Produkt unterschiedlich ist, dass aber deren Qualität unabhängig vom Umfang der einzelnen Tätigkeit - sei diese Forschung, Integration oder Verwertung - immer hohe Standards einhalten muss. Normalerweise finden Ressortforschungsprozesse ihren Abschluss in mehreren Varianten der Verwertung. Eine ausschließliche wissenschaftliche Verwertung einer Produktionslinie entspräche nicht den Aufgaben einer Ressortforschungseinrichtung.

4. *Fazit: Institutionalisierung leistungsfähiger multi- und transdisziplinärer Umweltwissenschaften durch Ressortforschung*

Von leistungsfähigen Umweltwissenschaften wird in der Literatur übereinstimmend eine multidisziplinäre Forschung verlangt, die das Potenzial mehrerer Disziplinen für die Lösung von Umweltproblemen erschließt. Zusätzlich soll die Umweltforschung transdisziplinär die Praxisakteure einbeziehen, um deren Erfahrungen zu nutzen und die Praxisrelevanz der Lösungen zu erhöhen. Unser Modell einer Ressortforschung als wissenschaftsbasierte Politikberatung zeigt, wie die Ressortforschung diese Anforderungen an die Umweltforschung einlösen kann.

Die Ressortforschung wird als Verbindung von Forschung und Integration und Verwertung definiert. Jeder dieser drei Bereiche folgt einer eigenen Funktionslogik. Während es in der Forschung um die Hervorbringung von Erkenntnissen geht, stimmt die Integration Erkenntnisse hypothetisch mit Anforderungen der Akteure der Praxis ab. In der Verwertung werden Informationen nach außen an Akteure abgeben mit dem Ziel, diese im Umweltschutz zu stärken. Nur wenn ein Beratungsprodukt in allen drei Bereichen mit hoher Qualität bearbeitet wird, entsteht eine leistungsfähige Beratung. Die Qualität eines Beratungsproduktes wird durch zwei Prozesse gesichert. Zum einen sind in jedem Bereich die jeweils geltenden unterschiedlichen Qualitätskriterien⁶⁶ einzuhalten, zum anderen sind stets alle drei Bereiche, häufig mehrfach, zu durchlaufen.

In den Ressortforschungseinrichtungen sind diese drei Bereiche institutionalisiert und deren Zusammenarbeit in der Praxis seit Jahrzehnten erprobt. Diese Erfolgsfaktoren der Umweltberatung macht das Modell erstmals sichtbar. Damit wird zum einen die Ressortforschung evaluier- und optimierbar, zum anderen das Verständnis für wirksame Politikberatung im Umweltbereich insgesamt verbessert.

66 Das Forschungsprojekt entwickelte auf der Basis unseres Modells der Ressortforschung entsprechende Qualitätskriterien für die Bausteine Forschung, Integration und Verwertung. Vgl. Böcher, M. / Krott, M., Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Reihe: Texte 39/2010) 2010. S. 45 – 64.

Wie evaluiert man die gesellschaftliche Institutionalisierungs-Wirkung eines neuen Studienganges? Das Beispiel der Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich

Wissenschaft kann sich auf verschiedenen Wegen institutionalisieren. Eine gängige Form ist die Einrichtung eines Studienganges. Dies empfiehlt sich insbesondere bei interdisziplinärer Wissenschaft, da dem Interdisziplinären oft nur der Charakter eines Projektes anhaftet, das in Krisenzeiten zugunsten der beteiligten Disziplinen wieder aufgegeben wird. Einen Studiengang kann man aufgrund seiner institutionellen Trägheit nicht so einfach wieder auflösen wie ein Forschungsprojekt. An einem Studiengang hängen zudem Menschen, die ihn zum Teil ihrer Biographie gemacht haben.

Der folgende Beitrag stellt eine Evaluationsstudie bzw. Wirkungsanalyse eines jungen, "engagierten" Studienganges – der Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich – dar. Die Studie dürfte vermutlich einzigartig im deutschsprachigen Universitätsraum sein. Neben einer weitgehend vollständigen Erfassung des Erfolges der Absolventen umfasst sie eine Analyse der gesellschaftlichen Wirkung und bietet einen Blick auf Institutionalisierungseffekte.

Der Beitrag beruht auf der Annahme, dass sich die Institutionalisierung im Fall eines "engagierten" Studienganges wie den Umweltnaturwissenschaften am besten am Effekt des Engagements ablesen lässt. Die Frage ist: Wird erreicht, was einst mit diesen Umweltnaturwissenschaften intendiert wurde?

Im Folgenden werden zuerst der Studiengang Umweltnaturwissenschaften und dann die durchgeführten Analysen vorgestellt. Die Diskussion befasst sich mit der Frage des Bedarfs an Institutionalisierungsunterstützung von interdisziplinärer Wissenschaft durch Professionen. Zu fragen ist: Braucht es die außeruniversitäre Profession als Transmitter für die gesellschaftliche Wirkung einer Forschungsdisziplin? Diese Diskussion kann hier nur angestoßen werden, da sie auch für Umweltnaturwissenschaften noch neu ist.

1. *Interdisziplinarität mit den Mitteln „reflexiver Moderne“: Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich*

Im Jahre 1987 wurde an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) in unmittelbarer Reaktion auf die Umwelt-Katastrophen von Tschernobyl und Schweizerhalle der Studiengang Umweltnaturwissenschaften (kurz UMNW) eingerichtet. Der Studiengang sollte *unter dem Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung eine interdisziplinäre, naturwissenschaftlich fundierte Kompetenz* vermitteln. Ein Jahrzehnt später rühmte ihn Wolf Lepenies als Beispiel für "engagierte Gelehrsamkeit" und "Wiederkehr der Werte in die Wissenschaft". Lepenies: "Am Gemeinsinn orientierte Wachsamkeit und Wertbewußtsein werden in diesem Studiengang auch dadurch geweckt, daß für die Naturwissenschaftler von Anfang an Fragestellungen aus dem Bereich der Geistes- und Sozialwissenschaften, der Ökonomie und der Jurisprudenz zum Lehrstoff gehören. Aufmerksamkeit für die gesellschaftliche Einbettung der eigenen Forschung und ihre möglichen sozialen Folgen wird auf diese Weise ohne jedes Pathos erreicht: sie ist nicht Bestandteil eines fakultativen Studium generale, sondern gehört wie selbstverständlich zum fachwissenschaftlichen Alltag."¹

So leicht und selbstverständlich dies bei Lepenies klingt, so umstritten war der Studiengang von Anfang an, und zwar sowohl bei den Studierenden als auch bei den akademischen Beobachtern. Die Frage, die immer wieder gestellt wurde, lautete: "Erwerben die Studierenden dieses querschnitts-naturwissenschaftlichen Studienganges überhaupt eine profilierte Kompetenz? Wäre es nicht besser, verteilte und interdisziplinär aufgeweckte Fachleute in der Biologie oder Physik auszubilden und mehr Geld für interdisziplinäre Kooperation bereitzustellen?" Die Antwort der Umweltnaturwissenschaften bestand in aktiven bzw. inkrementellen Strukturanpassungen. Hierzu gehörte vor allem der Aufbau *reflexiver Strukturen* mit dem Willen zum dauernden Umbau des Studienganges.

Der genannte Aufbau reflexiver Strukturen ist wirklich beeindruckend und vermutlich einmalig im kontinentaleuropäischen Vergleich. Um nur die erfolgreichsten drei Strukturen zu nennen: (i) ein "Berufspraxis-Evaluations-Kolloquium", das zur dauernden Reflexion der Kompetenzbildung der Studierenden dient und entsprechende Forschung initiiert, (ii) einen aktiven Wirtschaftsbeirat, der die Sicht der Unternehmer einbringt und die Vernetzung mit der Wirtschaft herzustellen hilft, und (iii) sogenannte Große Fallstudien, in denen interdisziplinäre und gesellschaftskooperative Formen der Wissenssynthese entwickelt und

1 Lepenies, W., Benimm und Erkenntnis: Über die notwendige Rückkehr der Werte in die Wissenschaften. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1997. S. 44.

getestet werden². Teil dieser reflexiven Strukturen ist das Alumni-Netzwerk, das von Anfang an in die Förderung und Weiterentwicklung des Studienganges einbezogen wurde.

Abbildung 1: *Qualitätssicherung der Lehre in den ETH-Umweltnaturwissenschaften*

Quelle: Brunner, S. H. / Frischknecht, P. / Hansmann, R. / Mieg, H. A., *Environmental Science education under the microscope. ETH Zürich: Departement Environmental Science 2010*

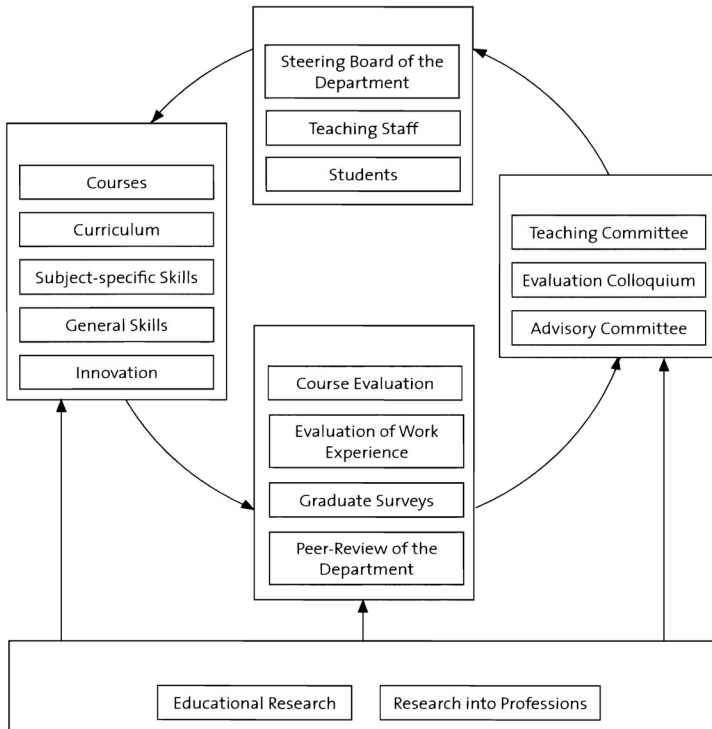


Abbildung 1 zeigt die Instrumente des Steuerungssystems zur Qualitätssicherung der Lehre in den Umweltnaturwissenschaften. Das grundlegende Steuerungsprinzip ist das der *kontinuierlichen Verbesserung*. Auf der linken Seite sind unter

- 2 Scholz, R. W. / Lang, D. J. / Wiek, A. / Walter, A. I. / Stauffacher M., Transdisciplinary case studies as a means of sustainability learning: Historical framework and theory. – In: *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 7(2006), S. 226 – 251.

dem Titel "Qualität" die zu steuernden Elemente genannt. Diese reichen von Einzelveranstaltungen und dem Kursprogramm über die Entwicklung spezifischer und genereller Kompetenz bis hin zur Frage der Innovativität des Lehrprogramms, zum Beispiel mit Hinblick auf Transdisziplinarität, d.h. der Zusammenarbeit von Wissenschaft und gesellschaftlichen Akteuren³. Zu den Reflexionsforen gehören neben den üblichen Lehrkommissionen die bereits genannten "Berufspraxis-Evaluations-Kolloquium" und Wirtschaftsbeirat (Advisory Committee). Informationen kommen unter anderen aus regelmäßigen Absolventenbefragungen und den alle fünf bis zehn Jahre stattfindenden internationalen wissenschaftlichen Evaluationen des ETH-Departements Umweltwissenschaften. Zu den Besonderheiten der Umweltnaturwissenschaften gehört, dass unter der Koordination des "Berufspraxis-Evaluations-Kolloquium" eine eigene Bildungsforschung aufgebaut wurde, zum einen im Bereich Lehr- und Qualifikationsforschung⁴, zum anderen zur Fragen der Professionalisierung⁵.

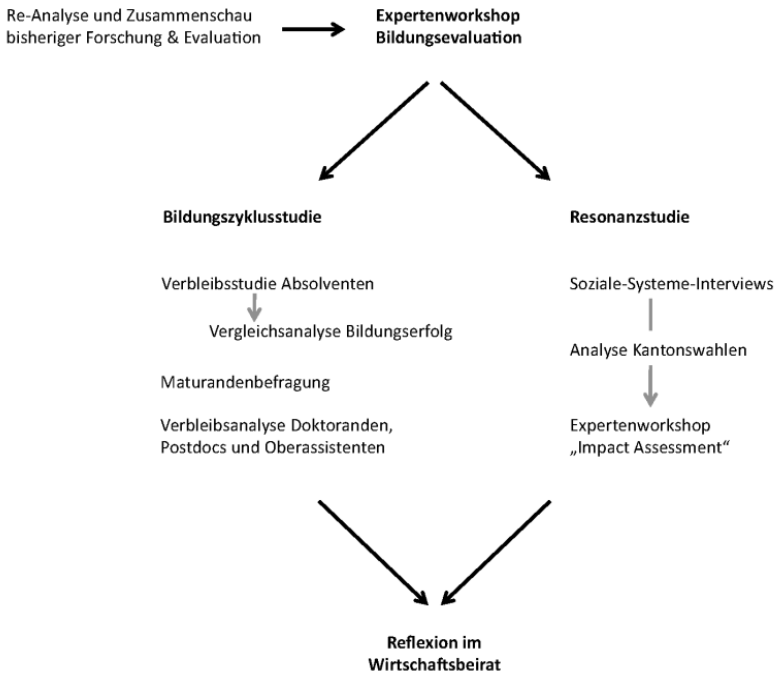
Seit 1987 war nicht nur der Studiengang, sondern auch das Departement als der Träger des Studienganges einem wiederholten Umbau unterworfen. Nachdem zum Studiengang 1990 auch ein Departement Umweltnaturwissenschaft gegründet und im Lauf der Zeit Teile der ehemaligen Forst- und Agrarwissenschaften integriert wurden, trägt das Departement seit 2004 den Namen Umweltwissenschaften. Im Jahr 2010 erfolgte die dritte internationale Departementevaluation. Diese hatte klar einen wissenschaftlichen Fokus. Daneben stellte sich die Frage, ob die Gründungsintention des Studienganges – der Einsatz für nachhaltige Entwicklung und die "engagierte Gelehrsamkeit", wie es Lepenies nannte – in der Schweiz auch tatsächlich gesellschaftliche Resonanz gefunden haben. Von daher beauftragte der Departementsvorsteher eine entsprechende Evaluationsstudie. Die Ausgangsfrage lautete nicht geringer als: "Haben die Absolventen der ETH-Umweltnaturwissenschaften die Welt verändert?"

- 3 vgl. Thompson Klein, J. / Grossenbacher-Mansuy, W. / Häberli, R. / Bill, A. / Scholz, R. W. / Weltli, M. editors. 2001. *Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology, and society*. Birkhäuser, Basel, Switzerland. Oder: Scholz, R. W. / Mieg H. A. / Oswald, J., *Transdisciplinarity in groundwater management: Towards mutual learning of science and society*. – In: *Water, Air, & Soil Pollution*. 123(2000), S. 477 – 487.
- 4 Hansmann R., *Linking the components of a university programme to the qualification profile of graduates: The case of a sustainability-oriented Environmental Science curriculum*. – In: *Journal of Research in Science Teaching*. 46(2009)5, S.537 – 569.
- 5 Mieg, H. A., *Professionalization and professional identities of environmental experts: The Case of Switzerland*. – In: *Environmental Sciences*, 5(2008)1, S. 41 – 51.

2. Die Wirkungsanalyse: Überblick, Methoden

Um die Machbarkeit und Möglichkeiten solch einer Studie zu klären, wurde ein Expertenworkshop organisiert. Die Idee war, hierzu einen Top-Experten einzuladen, der sodann einen weiteren, ergänzenden Experten benennen durfte. Als Top-Experte nahm Felix Rauner teil. Er hat nicht zuletzt international vergleichende Bildungssystem-Analysen vorgenommen⁶.

Abbildung 2: *Skizze der Wirkungsanalyse der ETH-Umweltnaturwissenschaften*



Das Resultat des Workshops war ein zweiteiliger Studienaufbau, skizziert in Abbildung 2. Zum einen sollte die gesamte Bildungskette erfasst werden, in welche die Umweltnaturwissenschaften eingebettet sind. Diese Bildungskette reicht von den Maturanden (in der Schweiz für Abiturienten) bis hin zu den ehemaligen

6 Rauner, F., Steuerung der beruflichen Bildung im internationalen Vergleich. Gütersloh: Bertelsmann 2009.

Doktoranden, Postdocs (1-2 Jahr nach Doktorat) und Oberassistenten (Forschungsleiter). Der Schwerpunkt lag auf einer Verbleibsanalyse der Absolventen des Studienganges. Hierfür bot sich eine quantitative Erhebung an. Zum anderen galt es, die Resonanz in Wirtschaft und Gesellschaft zu erhellen. Die Wirkung sollte getrennt nach den für nachhaltige Entwicklung relevanten sozialen Systemen erfasst werden: Wirtschaft, Politik, Zivilgesellschaft und Wissenschaft.

Tabelle 1: Tätigkeitsfelder der Umweltnaturwissenschaftler
Die Schätzskala für den Bezug der Arbeit zur Nachhaltigkeit ist leicht asymmetrisch: 1 = nein, 2 = eher nein, 3 = eher ja, 4 = ja, 5 = ja, sehr stark. Felder mit geringem Bezug zur Nachhaltigkeit (< 2,5) sind dunkel schattiert.

	Anteil (%)	Bezug der Arbeit zu Nachhaltigkeit	Arbeitszeit, die der Nachhaltigkeit gewidmet ist (%)
Umwelt- /Planungs-/ Ingenieur-Büros	15	3,7	62
Öffentliche Verwaltung	15	3,4	54
Hochschule	13	2,7	30
Banken, Versicherungen	10	2,2	25
Unterrichtswesen	8	2,6	27
Forschung (außerhalb Hochschule)	7	3,3	45
NGO Umwelt	5	4,0	75
Unternehmensberatung	4	2,8	41
Gesundheitswesen	3	2,4	26
Energie/Wasser-Versorgung	3	4,2	79
andere Industrie	2	3,3	47
Medien	2	3,2	55
chemische Industrie	2	2,8	37
Verkehrswesen	2	3,3	38
Handel	1	3,7	58
Land/Forst/Garten	1	3,8	84
Baugewerbe	1	3,2	49
Sonstige Dienstleistungen	4	2,0	14
andere	2	2,7	34
Total		3,1	44

Die Ausgangsfrage lautete wie erwähnt: "Haben die Absolventen der ETH-Umweltnaturwissenschaften die Welt verändert?" Eine direkte Wirkung auf die Welt war nicht wirklich zu erwarten. Die Generalidee war vielmehr zu erfassen, wel-

chen Beitrag die Absolventen zur nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz leisten. Da die Schweiz im Bereich Nachhaltigkeit eine gewisse Vorbildfunktion erlangt hat, kann dem Beitrag der Absolventen der Umweltnaturwissenschaften über die vermittelnde Rolle der Schweiz auch eine gewisse weltweite Wirkung zugeschrieben werden. Explizit sollte kein Vergleich zwischen verschiedenen Studiengängen gesucht werden, obwohl dieser Vergleich an verschiedenen Stellen ins Spiel kommt. Eine Vergleichsanalyse mit Daten der Nationalen Schweizerischen Statistik zeigt zum Beispiel, dass fünf Jahre nach Studienende das Studium als sehr angemessen beurteilt wird. Die Werte liegen ähnlich hoch wie im Fall Medizin und deutlich über denen anderer Studiengänge⁷.

Im Folgenden beschränke ich mich auf die Darstellung der Verbleibsstudie der Absolventen der Umweltnaturwissenschaften sowie die Resonanzstudie und ihre Reflexion in einem Expertenworkshop. Details zu den Ergebnissen der Zusatzstudien finden sich im Online-Evaluationsbericht⁸.

3. *Verbleibsstudie der Absolventen*

Die Verbleibsstudie wurde als Online-Studie durchgeführt. Sie bezog sich auf die Absolventen der Abschlussjahrgänge 1992 bis 2005. In dieser Zeit schlossen insgesamt 1081 Personen das Studium der Umweltnaturwissenschaften ab. Für 808 Absolventen konnten aktuelle E-Mail-Adressen ausfindig gemacht werden. 567 Absolventen besuchten die Online-Seite der Studie und beantworteten zumindest die Fragen der ersten Seite (70 Prozent Response-Rate). Für 441 Absolventen liegen komplette Verbleibsdaten vor (41 Prozent der Grundgesamtheit).

Wie Tabelle 1 zeigt, arbeiten 45 Prozent der Absolventen im privatwirtschaftlichen Sektor. Je ein Fünftel findet sich in der Wissenschaft und der Politik bzw. öffentlichen Verwaltung. Wie überdies in Abbildung 3 zu sehen, haben viele der Absolventen in ihrer Karriere die Wissenschaft verlassen, zum Beispiel nach ihrer fertigen Doktorarbeit. Eine Zunahme erlebt hingegen der Bereich Politik bzw. öffentlichen Verwaltung: dorthin haben viele Absolventen im Lauf ihrer Karriere gewechselt. Die Absolventen wurden gebeten, eigene Best-Practice-Aktivitäten mit Nachhaltigkeits-Wirkung darzulegen und zu beurteilen. Tabelle 2 zeigt Beispiele. Diese haben typischerweise entweder a) mit Naturschutz bzw. Umweltanalysen, b) mit Management oder c) mit Lehre und Kommunikation zu tun. Es

7 Brunner, S. H. / Frischknecht, P. / Hansmann, R. / Mieg, H. A., Environmental Sciences education under the microscope: Do graduates promote a societal change towards sustainability? Zürich: Department Environmental Sciences, Swiss Federal Institute of Technology Zürich 2010. http://www.env.ethz.ch/docs/survey/index_EN. S. 21.

8 A.a.O.

finden sich auch eine Reihe ungewöhnlicher Aktivitäten wie etwa eine Beratungstätigkeit für die kroatische Regierung

Abbildung 3: *Sektorwechsel der ETH-Umweltnaturwissenschaftler*

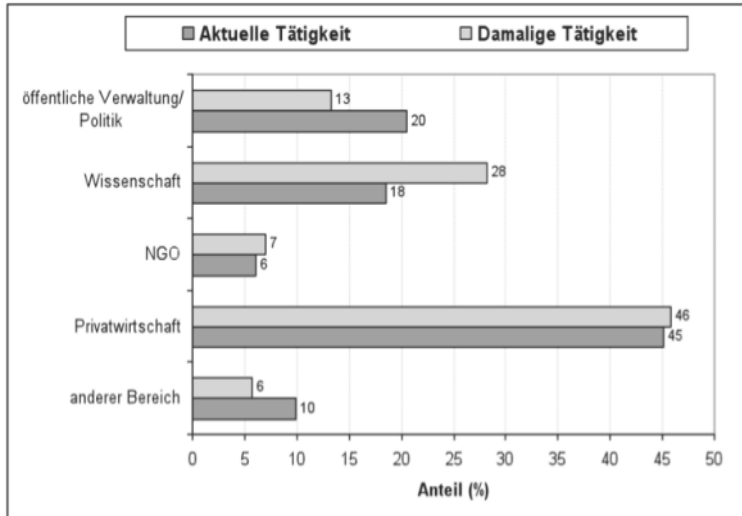
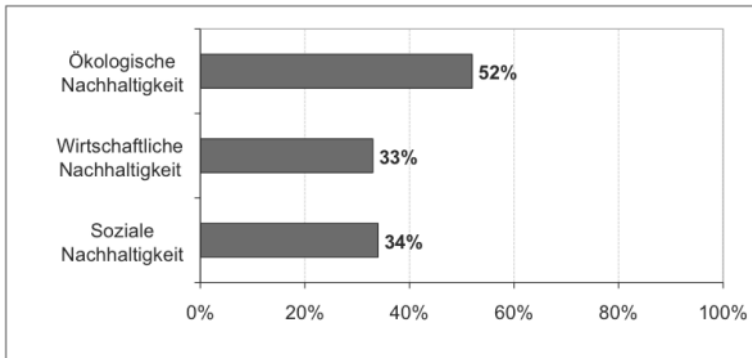


Tabelle 2: Beispiele von Best-Practice-Aktivitäten mit Nachhaltigkeits-Wirkung

No.	Beschreibung
1	Ich erarbeite Umweltverträglichkeitsberichte für Umweltverträglichkeitsprüfungen.
2	Gründung und Aufbau des Branchenverbandes Energie Zukunft Schweiz; damit wird ein Beitrag geleistet, dass sich Schweizer Energieversorger verstärkt für erneuerbare Energien und Energieeffizienz einsetzen.
3	Abfallunterricht bei Pusch für 5. Klasse-Schüler: Umweltschutz durch weniger Abfall; aber auch sozial wichtig, da wir in der Schweiz zum Teil sehr anderen Abfallumgang haben als in den Herkunftsländern der Schüler/innen.
4	Als Leiter [...] habe ich ein Unternehmen in Italien aufgebaut [...] Ziel war es, PV-Anlagen in Italien zu entwickeln, zu finanzieren und zu bauen - mit der Sonne Geld verdienen und dabei die dezentrale Energieversorgung zu fördern [...].
5	Ich beriet das Kroatische Umweltministerium beim Aufbau des Kroatischen Umwelt- und Energieeffizienzfonds.

Betrachten wir die Best-Practice-Aktivitäten gemäß den drei Nachhaltigkeitsdimensionen, dargestellt in Abbildung 4, so sehen wir eine Dominanz der ökologischen Nachhaltigkeit gegenüber wirtschaftlicher und sozialer Nachhaltigkeit. Diese Einschätzung wurde von den Absolventen selber vorgenommen, und zwar mit Blick auf die fünfzehn Ziele der Schweizerischen Nachhaltigkeitsstrategie.⁹

Abbildung 4: *Nachhaltigkeitsfelder für Best-Practice der ETH-Umweltnaturwissenschaftler*



Die Hauptergebnisse resultieren aus dem Test dreier Generalhypothesen, die sich auf die Nachhaltigkeitswirkung von drei Gruppen von Absolventen beziehen: den Führungskräften, dem Durchschnitt und den Pionieren. In den Hypothesen wird immer vom Fall einer fast idealen Wirkung auf Nachhaltigkeit ausgegangen.

3.1. Führungskräfte-Hypothese

Die Hypothese lautet: *Auch in hohen Positionen tragen ehemalige Umweltnaturwissenschaftler zur Nachhaltigkeit bei. Diese Leute urteilen zudem, dass ihnen das Studium der Umweltnaturwissenschaften genützt habe.*

Wie Tabelle 3 verdeutlicht, wird die Führungskräfte-Hypothese ohne Einschränkungen bestätigt. Mit der Position nimmt auch die Nachhaltigkeitswirkung zu. Dies sehen wir auf vier verschiedenen Bewertungsdimensionen: Stärke

9 Schweizerischer Bundesrat, Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002. – In: Bericht des Schweizerischen Bundesrates vom 27. März 2002. Bern: Schweizerischer Bundesrat 2002.

des Nachhaltigkeitsbeitrags; Abgedeckte Nachhaltigkeitsaspekte; Integration der drei Nachhaltigkeits-Dimensionen, Vorhandensein eines Monitorings (ein wichtiger Indikator dafür, dass es mit einem Nachhaltigkeitsbeitrag ernst gemeint ist). Mit steigender Position wird auch das Studium als zunehmend nützlich angesehen.

Tabelle 3: Daten zur Führungskräfte-Hypothese
Selbständige sind hier nicht erfasst.

Führungsposition	N	Stärke des Nachhaltigkeitsbeitrags (1 - 5) ^b	Abgedeckte Nachhaltigkeitsaspekte (von 15)	Integration der drei Dimensionen (%)	Monitoring? (&)	UMNWX-Ausbildung nützlich? ^c
1 Keine	140	2,8	5,4	41	25	3,2
2 untere Kader	68	2,9	5,9	43	28	3,6
3 mittlere Kader	48	3,1	6,3	53	35	3,5
4 höhere Kader	24	3,6	6,3	67	54	3,7
5 Geschäftsführung (z.B. CEO)	27	3,6	6,8	63	41	3,7
Spearman rho ^a		,22**	,16**	,16**	,15**	,20**
Vergleich 4 & 5 vs. 1,2 & 3 (t-Test)		p < 0,01	p < 0,05	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,01

a. **p < 0,01 (einseitiger t-Test, Mittel über 2,5)

b. Skala: 1 = sehr schwach, 2 = eher schwach, 3 = eher stark, 4 = stark, 5 = sehr stark

c. Skala: 1 = große Nachteile, 2 = gewisse Nachteile, 3 = ausgewogen, 4 = einige Vorteile, 5 = starke Vorteile

3.2. Im-Durchschnitt-Hypothese

Die Hypothese lautet: *Der „durchschnittliche“ Absolvent trägt wesentlich zu Nachhaltigkeit bei: Ein hoher Anteil von ehemaligen Umweltnaturwissenschaftlern befasst sich mit Nachhaltigkeit und zwar in allen Sektoren, Betriebsgrößen und fast allen Branchen. Falls sich jemand für Nachhaltigkeit engagiert, nimmt dieses Engagement im Laufe der Karriere zu.* Bereits Tabelle 1 offenbarte, dass in 16 von 19 Tätigkeitsfeldern ein Bezug der Tätigkeit der Absolventen zur Nachhaltigkeit vorliegt. Tabelle 4 zeigt, dass dies auch für alle Sektoren und fast alle Betriebsgrößen gilt. Hinzu kommt, dass für alle, die professionell in Fragen der Nachhaltigkeit aktiv sind, dieses Engagement während des Berufslebens zunimmt. Der Mittelwert der Zunahme liegt bei 3,1 und damit signifikant über dem Neutralwert von 2,5 (t-Test, p < 0,01).

Tabelle 4: Daten zur Im-Durchschnitt-Hypothese

Die Sektoren bzw. Unternehmen verschiedener Größe unterscheiden sich signifikant hinsichtlich des Bezuges zu Nachhaltigkeit (ANOVA, $p < 0,1$). 1 = nein, 2 = eher nein, 3 = eher ja, 4 = ja, 5 = ja, sehr stark; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ (einseitiger t-Test, Mittel über 2,5)

	Bezug der Arbeit zur Nachhaltigkeit	N
Sektor		
Wirtschaft	3,0**	250
Politik / öffentliche Verwaltung	3,0**	134
Zivilgesellschaft (NGOs etc.)	3,8**	40
Wissenschaft	3,0**	101
Größe des Unternehmens / der Einrichtung		
Weniger als 10 Mitarbeiter	3,3**	88
10 - 49 Mitarbeiter	3,4**	103
50 - 99 Mitarbeiter	2,9**	57
100 - 249 Mitarbeiter	2,7	63
250 - 999 Mitarbeiter	3,2**	87
1000 oder mehr Mitarbeiter	2,8*	142

3.3. Pioniere-Hypothese

Die Hypothese lautet: *Umweltnaturwissenschaften tragen Nachhaltigkeit in neue Bereiche. Auch in Bereichen, wo generell wenig Nachhaltigkeit umgesetzt wird, finden sich ehemalige Umweltnaturwissenschaftler, die sich mit Nachhaltigkeit befassen und die im Laufe ihrer Karriere es schaffen, Nachhaltigkeit zunehmend besser umzusetzen.*

Tabelle 5 stellt die Ergebnisse vor. Selbst in professionellen Feldern mit generell geringem Bezug zu Nachhaltigkeit lassen sich Absolventen finden (N=24), die dort eine Nische ausfüllen und eine Tätigkeit mit Nachhaltigkeitsbezug ausüben. Bei diesen Leuten nimmt der Nachhaltigkeitsbezug im Berufsleben zu.

Tabelle 5: Daten zur Pioniere-Hypothese: Zunahme des persönlichen beruflichen Einflusses auf Nachhaltigkeit

Der Wert 3,0 liegt über dem Schwellenwert 2,5 (t-Test), ** $p < 0,01$

Schwacher individueller Tätigkeits-Bezug zu Nachhaltigkeit (< Schwelle 2,5)	Vorhandener individueller Tätigkeits-Bezug zu Nachhaltigkeit (> Schwelle 2,5)
1,8 (N = 51)	3,0** (N = 24)

Zusammenfassend betrachtet ergibt sich ein sehr positives Ergebnis für die Umweltnaturwissenschaften. Nach Maßgabe eines Engagements für Nachhaltigkeit

durch die Absolventen ist eine Institutionalisierungswirkung feststellbar. Wir haben damit die Angebots- bzw. Outputseite erfasst. Es folgt nun mit der Resonanzstudie eine Betrachtung der Sicht potenzieller Nachfrager und der sozialen Systeme, in welchen sich eine Nachhaltigkeitswirkung der ETH-Umweltnaturwissenschaften entfalten soll.

4. Resonanzstudie

Die Resonanzstudie umfasste im Wesentlichen eine Interviewstudie zur Resonanz der Umweltnaturwissenschaften in den Schweizer sozialen Systemen und einen Expertenworkshop zur Bewertung der Ergebnisse aus der Interviewstudie. Die Projektskizze in Abbildung 2 weist zudem auf eine Analyse von Kantonswahlen hin. Mit dieser Zusatzanalyse konnte gezeigt werden, dass die Absolventen der Umweltnaturwissenschaften sich als Berufsgruppe überdurchschnittlich häufig politisch engagieren.¹⁰

Tabelle 6: Interviews im Rahmen der Resonanz-Interviewstudie
Alle Interviews wurden vom Autor durchgeführt. Anmerkungen: * vertreten im Expertenworkshop (kein eigenes Interview), ** erscheinen in zwei sozialen Systemen

System	Systemexperte	Top-Experte	Ausgewählte Organisationen
Wirtschaft	Dr. Ruedi Schwarzenbach (Unternehmensberater, Absolvent der Umweltnaturwissenschaften)	Schweizerischer Arbeitgeberverband	Coop Geberit Infras Pöyry Infra SAM SBB** SVU-SIA*,** Swiss Re
Politik / Öffentliche Verwaltung	Dr. Bruno Oberle (Direktor des Umweltbundesamtes)	Prof. Dr. Peter Knöpfel (Politologe, IDHEAP / Lausanne)	ARE* BAFU Berufsregister** SBB** UVEK*
Zivilgesellschaft (NGOs)	Dr. Peter Lehmann (sanu, Aus- und Weiterbildungseinrichtung)	Dr. Hans-Peter Fricker (CEO WWF Schweiz)	Berufsregister*, ** NZZ sanu SVU-SIA*,** WWF

10 Miegl, H. A., The Impact of the Establishment of Environmental Sciences at the ETH on Swiss Economy and Society: An Evaluation Study. Berlin, Zurich: Humboldt-Universität zu Berlin, Geographisches Institut, ETH Zurich D-UWIS 2010. http://www.env.ethz.ch/docs/survey/index_EN

Die Interviewstudie erfasste drei soziale Systeme: a) Wirtschaft, b) Politik/öffentliche Verwaltung und c) Zivilgesellschaft. Das Rechtssystem, das oft als eigenes System angesehen wird, wurde hier unter das System Politik/öffentliche Verwaltung gefasst. Hingegen wurde der Bereich der Zivilgesellschaft, der insbesondere in der Schweiz eng mit dem politischen System verwoben ist, als eigenes soziales System aufgefasst. Dies ist nicht zuletzt der treibenden Funktion der NGOs geschuldet. Hinzu kommt der zivilgesellschaftliche Sektor der Berufsgruppen, der nicht nur Selbstorganisation und politisches Lobbying der Professionellen umfasst, sondern auch in den Bildungsbereich hineinwirkt. Beispiel hierfür ist die *sannu*, eine professionelle, nicht-universitäre Ausbildungseinrichtung für Umweltfachleute. Sie ist als Stiftung organisiert. Zur Zivilgesellschaft gehört auch das *Berufsregister*. Mangels Zeit und Ressourcen konnte die Interviewstudie nicht als extensive Befragung in allen betroffenen sozialen Systemen durchgeführt werden. Daher wurden zwei Filter einbaut: erstens je ein Interview mit jeweils einem System-Experten, um einen Überblick über die jeweiligen sozialen Systeme zu erhalten, und zweitens je ein Interview mit dem Top-Experten. Dies ist eine Stiftung und selbstorganisierte Einrichtung, welche die Qualitäts-Anerkennung für Professionelle aus den Planungsberufen organisiert. In Abhängigkeit von den Filterinterviews wurden ausgewählte Organisationen befragt bzw. deren Vertreter in den Expertenworkshop geladen. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die befragten Experten und Organisationen. Die Ergebnisse wurden in sieben Wirkthesen gefasst. Die Wirkthesen beziehen sich in der Regel auf Einflusswege von Umweltfachleuten im Generellen, da die Interviewpartner meist keine weitere Differenzierung nach Ausbildungsgängen vornahmen. Wenn im Spezifischen Umweltnaturwissenschaftler gemeint sind, wird dies explizit erwähnt.

4. 1. Internalisierungs-These

Unternehmen internalisieren zunehmend Umweltauflagen und Umweltthemen in ihre Betriebsabläufe (Umweltberichte, betrieblicher Umweltschutz...). Umweltfachleute dienen hierbei als Katalysatoren und arbeiten auf Fach-Stabsstellen.

Durch die Internalisierung in die Betriebsabläufe werden die Umweltfachleute langfristig überflüssig.

4. 2. Professionelles-Netzwerk-These

Umweltfachleute bilden ein wachsendes Netzwerk und übernehmen zunehmend Schlüsselpositionen in unterschiedlichen Bereichen.

Die Netzwerkbildung erleichtert die branchenübergreifende Kommunikation und erhöht die Nachfrage nach Umweltdienstleistungen.

4. 3. Standardisierungs-These

Durch die Verbreitung von Umweltfachleuten und Umweltwissen verbreiten sich auch Handlungs- und Bewertungs-Standards („Versachlichung“).

4. 4. Katalysator NFP-Forschung

In der Schweiz gibt es Nationale Forschungsprogramme, in denen Verbundforschung von Hochschulen und Praxis gefördert wird und die alle Jahre mit neuen Themen starten.

Die Nationalen Forschungsprogramme wirken als Vermittlungsschiene für Umweltwissenschaft in die Politik.

4. 5. Wissensgesellschafts-These

Für leitende Arbeit bei Global Playern der Wissensgesellschaft (und ihren Dienstleistern) gilt das Postulat von der notwendigen dauernden Bereitschaft zum Neulernen.

Gefordert ist eine Kombination aus abstraktem Fachwissen und strategischem Generalwissen. Neben Physikern finden sich nun auch verstärkt Umweltnaturwissenschaftler in solchen Positionen.

4. 6. Berufsbildungs-These

Für Schweizer kleinen und mittleren Unternehmen gilt weiterhin das "Berufsbildungsmodell": Gefordert ist eine Kombination von konkretem Fachwissen und problemorientierter Erfahrung, die im Betrieb gewonnen wird.

In vielen kleinen und mittleren Unternehmen sind Umweltnaturwissenschaftler als nützliche Umwelt-Spezialisten angesehen.

4. 7. Professionsbildungs-These

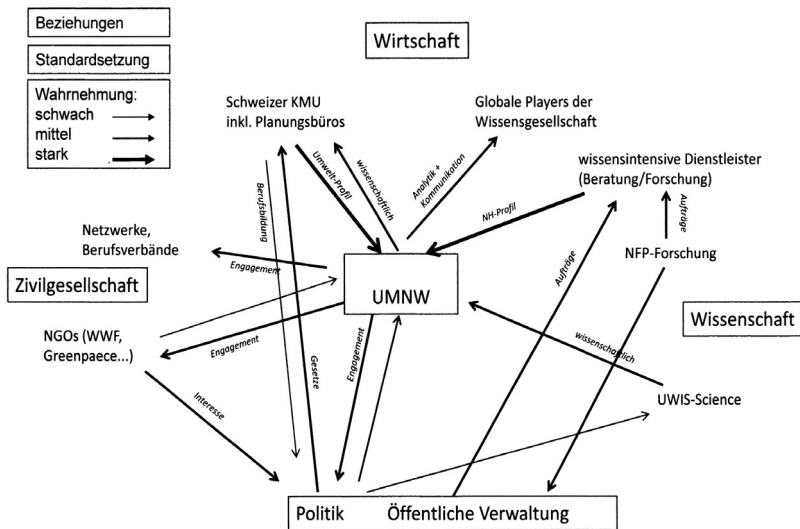
Umweltnaturwissenschaft wird in der Öffentlichkeit als Ausbildung, aber nicht als EINE Wissenschaft wahrgenommen.

Aus der Professionsforschung ist abzuleiten¹¹: Ohne die klar wahrgenommene Anbindung an eine Wissenschaft leidet langfristig auch Umweltnaturwissenschaft als Beruf. Eine Profession besteht aus einer Berufsgruppe mit einem zugrunde liegenden spezifischen Wissenschaftsprogramm und einem abgesteckten Zuständigkeitsbereich. In Abbildung 5 sind die Wirkthesen als Wirkungsgefüge skizziert. Die Seite der Wissenschaft wurde nur nach Maßgabe der Resonanz in

11 vgl. Mieg, H. A., Professionalisierung. – In: Handbuch der Berufsbildungsforschung, Hrsg. v. F. Rauner. Bielefeld: Bertelsmann 2005. S. 342 – 349.

anderen Systemen untersucht und nicht selbst befragt. Eine starke Wahrnehmung erfahren die Absolventen der Umweltnaturwissenschaften in bestimmten kleine und mittlere Unternehmen – vor allem Planungsbüros – und bei den wissensintensiven Dienstleistern, zumal den Unternehmensberatungen und Marktforschungsunternehmen im Planungsbereich. Beachtlich ist auch die Häufigkeit von Einflussnahme durch Standardsetzung.

Abbildung 5: *Wirkungsgefüge der ETH-Umweltnaturwissenschaftler in den sozialen Systemen*



Die Thesen wurden in einem Expertenworkshop diskutiert und ergänzt. Es nahmen Vertreter von Einrichtungen aus allen sozialen Systemen teil. Im Rahmen dieses Workshops wurde auch eine quantitative Wirkungsschätzung vorgenommen. Die Experten mussten Schätzungen für die Wirkung der Umweltnaturwissenschaftler in bis zu zehn gesellschaftlichen Bereichen bzw. professionellen Tätigkeitsfeldern vornehmen. Die vier geschätzten Größen waren:

- 1) *Integrative Nachhaltigkeit*: Wie stark hat sich dieser Bereich in den letzten zehn bis fünfzehn Jahren in Richtung integrativer Nachhaltigkeit entwickelt, d.h. in Richtung auf einen Ausgleich von ökologischer, wirtschaftlicher und sozialer Nachhaltigkeit?
- 2) *Monitoring*: Gibt oder gab es in diesem Bereich ein Monitoring für nachhaltige Entwicklung?

3) *Input*: Welchen Input leisteten die ETH-Umweltnaturwissenschaften (Ideen und Absolventen) in diesem Bereich?

4) *Stärke*: Wie stark beeinflussen die Absolventen der Umweltnaturwissenschaften in diesem Bereich die Umsetzung von Nachhaltigkeit?

Die Wirkung wurde nach der unten folgenden Formel abgeleitet.¹² Hierbei erhielt die Integrative Nachhaltigkeit doppeltes Gewicht, da es sich hierbei um die Zielgröße des "engagierten" Studienganges Umweltnaturwissenschaften handelte.

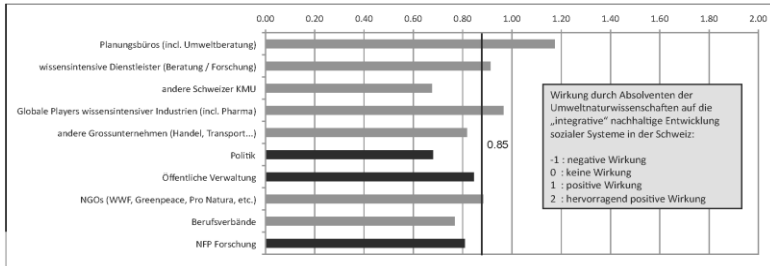
$$\text{Wirkung} = \text{Input} \times \text{Stärke} \times (2 \times \text{Integrative Nachhaltigkeit} + \text{Monitoring})$$

In Abbildung 6 sieht man die Wirkung der Umweltnaturwissenschaften differenziert nach Bereichen bzw. professionellen Tätigkeitsfeldern. Die größte Wirkung wird mittels Planungsbüros und den globalen Playern wissensintensiver Industrien, zum Beispiel Versicherungen, entfaltet. Die Wirkungen via Politik und Schweizer Kleine und Mittlere Unternehmen neben den Planungsbüros wird als weniger ausgeprägt eingeschätzt. Im Fall der Politik gibt es vermutlich einen expliziten Einflussvorbehalt: Keine Berufsgruppe oder gesellschaftliche Gruppe darf in einer Basisdemokratie eine Wirkvorrang haben..

Die in Abbildung 6 gezeigten Werte sind neu skaliert, und zwar nach Maßeingabe einer Generalschätzung der gesellschaftlichen Wirkung der Umweltnaturwissenschaften in der Schweiz auf der in Abbildung 6 genutzten Skala von -1 bis 2.¹³ Die Mittelwert der Wirkung liegt bei 0,85, d.h. die Wirkung wird im Mittel als positiv angesehen. Ein Experte erwähnte explizit, dass der Wert "1" ohnehin

12 Die acht Experten sollten immer nur Schätzungen für Bereiche und Größen abgeben, für welche sie als Experten Erfahrung besaßen. So flossen zwischen 3 und 8 Einzelwerte in jede Bewertung ein. Da aus dem Bereich der wissensintensiven Dienstleister (private Forschungsinstitute im Bereich Marktforschung und ökologischer Unternehmensberatung) leider kein Vertreter teilnehmen konnte, wurde von den vier wichtigsten Schweizer Büros eine Vorbewertung der Wirkung abgefragt. Auf Basis dieser Vorbewertung erfolgte die Diskussion im Expertenworkshop. Idealerweise hätten 10 Experten (je Bereich ein Experte) an dem Workshop teilnehmen sollen, doch war keine entsprechende Terminfindung möglich bzw. es hätten Personen mit nur unklarem Expertenstatus eingeladen werden müssen, worauf verzichtet wurde. Neben den wissensintensiven Dienstleistern war auch der Bereich "andere Schweizer kleine und mittlere Unternehmen" nicht im Expertenworkshop vertreten. Die Daten zu den vier Schätzgrößen finden sich in Mieg, H. A., *The Impact of the Establishment of Environmental Sciences at the ETH on Swiss Economy and Society: An Evaluation Study*. Berlin, Zurich: Humboldt-Universität zu Berlin, Geographisches Institut, ETH Zurich D-UWIS 2010. http://www.env.ethz.ch/docs/survey/index_EN

Abbildung 6: *Geschätzte Wirkung der ETH-Umweltnaturwissenschaften in zehn ausgewählten Bereichen*



das Höchste sein, was eine einzelne Berufsgruppe in der Schweiz an Wirkung wohl erreichen könnte. Hervorzuheben bleibt, dass die Unterschiede im Fall der wirtschaftlichen Sektoren statistisch signifikant sind; d.h. es zeigen sich klar unterschiedliche Wirkwege und -bereiche.

Insgesamt betrachtet sehen wir, dass die Umweltnaturwissenschaftler sich nicht zuletzt über Netzwerke und die Vermittlung von Standards etabliert haben. Man kann zwar sagen, dass die Umweltnaturwissenschaften Resonanz erzeugt haben. Diese macht sich im Moment aber am Studiengang fest – und nicht an den Umweltnaturwissenschaften als Disziplin.

5. Schluss

Die Umweltnaturwissenschaften haben sich in der Schweiz in Form des entsprechenden Studienganges institutionalisiert. Der Studiengang war eine interdisziplinäre Einrichtung und kann selber wiederum disziplinbildend wirken. Die Institutionalisierung ist nicht zuletzt mit der zum Teil starken Resonanz des Studienganges in der Wirtschaft zu verdanken. In den sozialen Systemen der Politik und der Zivilgesellschaft hat das Thema Umwelt bereits anders, ohne die Umweltnaturwissenschaften Wirkung entfaltet.

Es zeigte sich aber auch, dass der Studiengang und die dazu gehörige umweltwissenschaftliche Forschung nicht als Einheit wahrgenommen werden. Klima-

- 13 Die Einzelwerte waren: 0,0; 0,10; 0,50; 1,00; 1,00; 1,00; 1,50; 1,50. Die Extremwerte 0,0 und 1,50 wurden gestrichen; es war anzunehmen, dass zumindest ein Experte als Alumnivertreter ein positives Vorurteil gegenüber den Umweltnaturwissenschaften hatte. Die Schätzungen erfolgten einzeln am Ende eines halbtägigen Workshops und wurden nicht weiter diskutiert.

oder Bodenforschung gelten in der Öffentlichkeit noch nicht als umweltnaturwissenschaftliche Forschung. Aus Sicht der Professionstheorie¹⁴ wäre es jedoch wünschenswert, solch eine Einheit aus Ausbildung, Berufsgruppe und Wissenschaft zu schaffen, und zwar genau im Sinne einer fortschreitenden Institutionalisierung. Erst mit der Etablierung einer Profession als Zurechnungseinheit gewinnen die Netzwerke und vermittelten Standards eine neue Qualität. Dann können über die Macht der Profession Ressourcen in die sie stützende Wissenschaft gelenkt werden.

14 Mieg, H. A., Professionalisierung. – In: Handbuch der Berufsbildungsforschung. Hrsg. v. F. Rauner. Bielefeld: Bertelsmann 2005. S. 342 – 349. Vgl. auch Abbott, A., *The system of professions*. Chicago: The University of Chicago Press 1988; Freidson, E., *Professionalism: The third logic*. Cambridge: Polity 2001.

Umwelthinformatik und Umweltforschung - in ihrer Institutionalisierung und Interdisziplinarität

„Die betriebliche Umwelthinformatik 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 Umwelthinformatik 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 Umwelthinformatik damit einen wesentlichen Beitrag zur Harmonisierung von Ökologie und Ökonomie leistet.“¹

1. Interdisziplinarität: Grunderfordernis der Umwelthinformatik und Umweltforschung

These:

Die Umwelthinformatik 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 Umwelthinformatik, 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. Master 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.

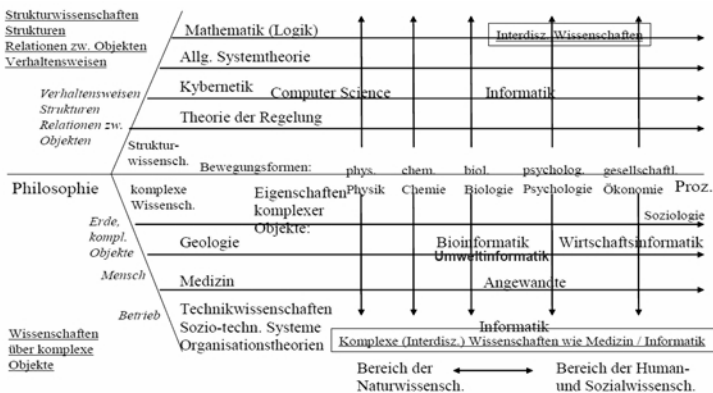
e) Die Untersuchung eines gemeinsamen Forschungsgegenstandes erfolgt in Form integrierter Zusammenarbeit, wobei Theorie und Methoden der integrierten Disziplinen hinsichtlich eines gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungszieles aufeinander abgestimmt und verschmolzen werden, so dass es zur Modifikation 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 19. Jahrhundert – 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 Forschungsköoperation. 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 Umweltinformatik, das Gebiet "Umweltinformatik und Gesellschaft" sowie das Gebiet Technologiefolgenabschätzung. Diese Wissenschaftsdisziplinen können in besonderem Maße zur Vermittlung von Orientierungswissen in der Informatik / Umweltinformatik beitragen.

Das Gebiet Umweltinformatik 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 Umweltinformatik 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.

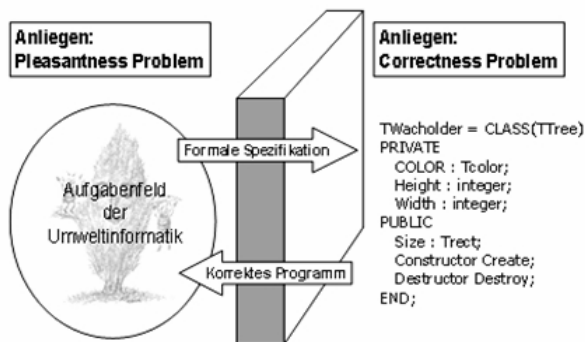
44 Denning, J. P. et al., *Computing as a Discipline*. – In: *Commun. ACM*, 32 (1989), p. 9 – 23.

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.

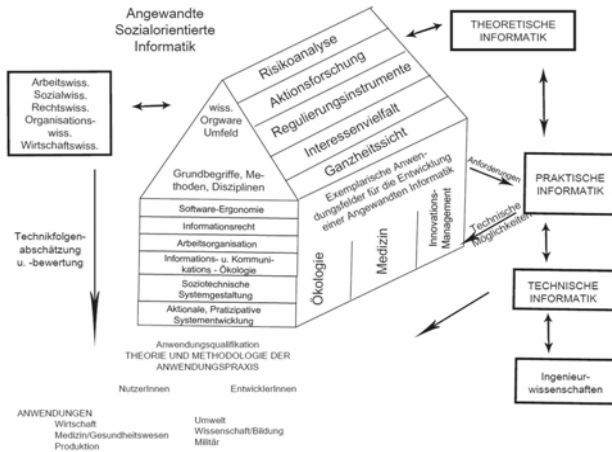
51 Nake, F., Informatik und die Mechanisierung der Kopfarbeit. – In: Sichtweisen der Informatik, Hrsg. v. W. Coy u. a., Braunschweig: Vieweg Verlag 1992. S. 181 – 201.

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 selbständige 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.

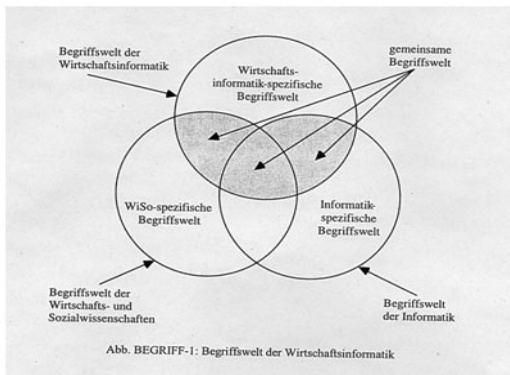
Bei der Integration der Informatik zum Beispiel mit den Biowissenschaften oder den Wirtschaftswissenschaften sowie den Umweltwissenschaften bleibt der Unterschied zwischen den einerseits vorrangigen auf Wirklichkeitserkenntnis und den andererseits vorrangig auf Wirklichkeitskonstruktion orientierten 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.

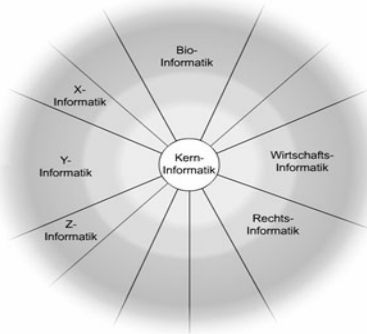
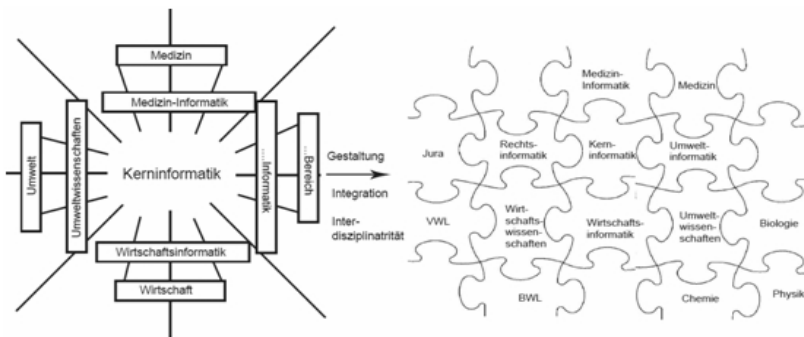


Abbildung 6: *Puzzlemodell der Informatik*
 Quelle: Röhrs, M. / Wohlgemuth, V. / Wolf, B., *Umweltinformatik als Gestaltungswissenschaft*. – In: *Workshop der Studierenden im Rahmen des IFIP-Weltkongresses 1994, Universität Hamburg, Fachbereich Informatik Mitteilung Nr. 237*, S. 31; siehe auch: Steinmüller, 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 Umweltinformatik identifiziert werden, die das Thema Umweltinformatik entweder als eigenes Studienprogramm oder als Vertiefungsrichtung behandeln.⁶⁹ Sie sollen im Folgenden dargestellt und verglichen werden:⁷⁰

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

Im Folgenden werden entsprechend den Ausführungen von Bernd Page und anderen auf der internationalen Konferenz „EnviroInfo 2009“⁷² verschiedene Studiengänge Umweltinformatik 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 (Umweltinformatik) in ihrer Institutionalisierung und Interdisziplinarität“ im Seminar „Technikfolgenabschätzung“ unter Leitung von Klaus Fuchs-Kittowski an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Studiengang „Betriebliche Umweltinformatik“, 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, Umweltchemie, 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>

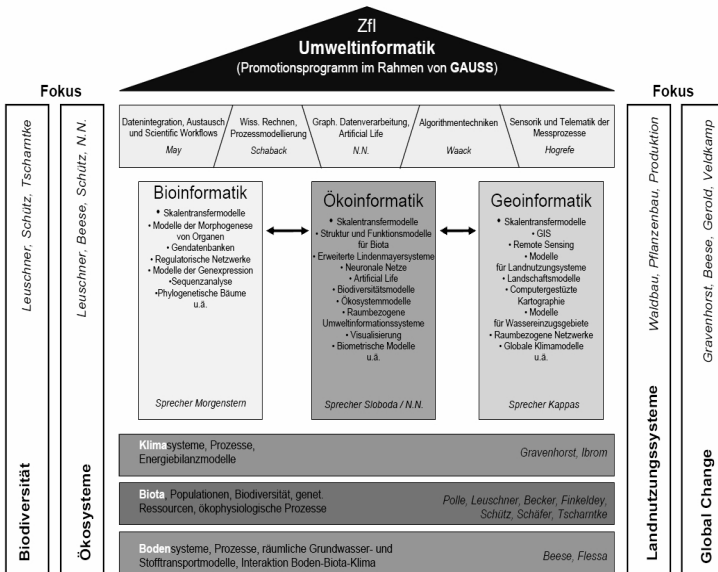


Tabelle 2: Vergleich deutscher UI Bachelor-Studiengänge

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.

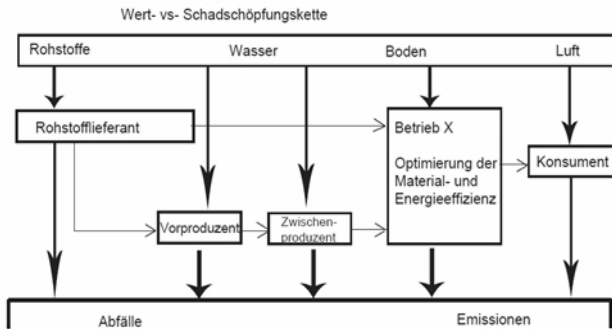
83 Widok, A., Masterthesis zum Thema: Nachhaltigkeit durch Umweltinformatik am Beispiel der Konzeption und Entwicklung Petrinetz-basierter Simulationswerkzeuge, HTW-Berlin, 2009; Vgl. Naumann, S., Sustainable Informatics – A new Subfield of Applied Informatics? – In: EnviroInfo 2008. Ed. by A. Moeller,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

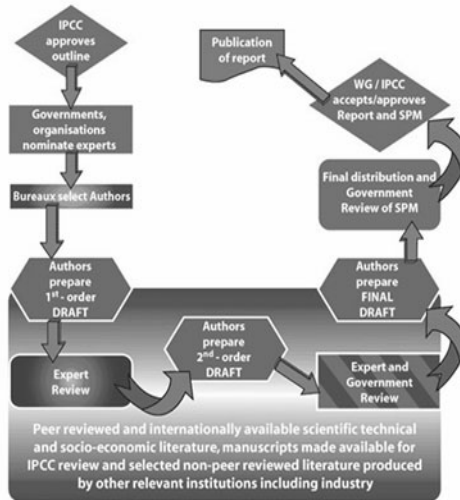


Grundlage war zunächst die Erkenntnis, dass mit jeder Wertschöpfungskette eine Schadschöpfungskette verbunden ist. Bei jeder Wertschöpfung in der materiellen Produktion werden Rohstoffe, Wasser, Boden und Luft verbraucht und zugleich, außer dem gewünschten Produkt, Abfälle und Emissionen erzeugt (Abbildung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

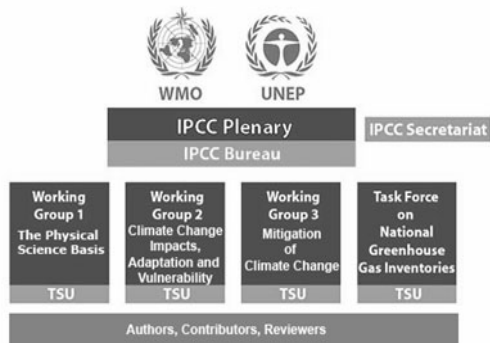
These:

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 Wohlgemuth, 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; Wohlgemuth, V. / Schnackenberg, 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. / Wohlgemuth, 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.

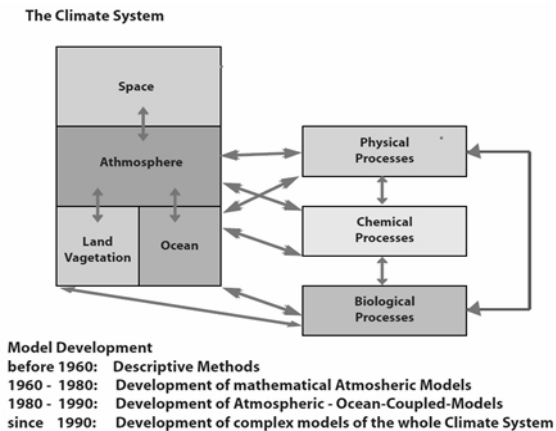
Mit den hier genannten Entwicklungen zeichnet sich ein tiefgehender Wandel in der Kultur der wissenschaftlichen Arbeit, verbunden mit Veränderungen im wissenschaftlichen Denken, in der Methodologie der Wissenschaften ab.⁹⁶

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 Lehreinrichtungen, 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.

Interdisziplinäre Forschungssituation und Kooperationsformen der Quantenchemie

Die Quantenchemie ist ebenso wie die statistische Thermodynamik und die Theorie der chemischen Reaktionskinetik ein Teilgebiet der theoretischen Chemie und basiert auf den Grundprinzipien der Quantenmechanik, die im Wesentlichen im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts erarbeitet wurden. Da aber das Mehrteilchenproblem exakt nicht gelöst werden kann, ist man bei Anwendung der Quantenmechanik in der Chemie weiterhin auf die Vorstellungen der klassischen chemischen Strukturtheorie und der Elektronentheorie angewiesen. Die Herausbildung der Quantenchemie,¹ d.h. der theoretischen Chemie auf quantenmechanischer Grundlage, erfolgte so, dass man versuchte, die Regeln der klassischen Valenztheorie auf dieser Grundlage zu interpretieren, da eine rein deduktive Herleitung neuer Gesetze über Struktur und Eigenschaften von Molekülen auf unüberwindliche Schwierigkeiten stieß. Nach einer mehr als achtzigjährigen Entwicklung kann man feststellen, dass die Quantenchemie weltweit ein in Lehre und Forschung etabliertes Teilgebiet der Chemie wurde. Um die geschichtliche Entwicklung der Quantenchemie zu charakterisieren, wird eine auf der Analyse der wichtigsten methodischen Entwicklungen sowie der Anwendungsbereiche vorgenommen. Danach kann man die folgenden Entwicklungsperioden unterscheiden²

1.) Erste Periode (1927–33): Erste quantenchemische Untersuchungen, basierend auf der Quantenmechanik und der chemischen Valenzstrukturtheorie.

2.) Zweite Periode (1933–50): Numerische und nichtnumerische quantenchemische Untersuchungen ausgewählter Moleküle. Anfänge der Rechentechnik.

1 Obwohl noch keine einheitliche Auffassung darüber besteht, was Quantenchemie genau ist, kann sie ausgehend davon, dass sie ein Teilgebiet der Chemie ist, als Gesamtheit der auf den Prinzipien und Ideen der Quantenmechanik basierenden theoretischen Methoden, die auf chemische Systeme und deren Umlagerungen Anwendung finden, definiert werden. Traditionell unterscheidet man zwischen numerischer und nichtnumerischer Quantenchemie (engl. computational and non-computational quantum chemistry), obwohl sich diese Unterscheidung heute infolge des umfassenden Einsatzes von Computern zunehmend verwischt; vgl. Atkins, P. W., Quanten. Begriffe und Konzepte für Chemiker. Weinheim-New York-Cambridge-Basel-Tokyo: VCH 1993. S. 266.

3.) Dritte Periode (1950–65): Vervollkommnung und vielseitige Anwendung quantenchemischer Methoden, insbesondere Molekül-Orbital-Varianten. Computerprogramme.

4.) Vierte Periode

a) (1965–80): Weltweite Etablierung der Quantenchemie in Lehre und Forschung dank der Entwicklung der Rechentechnik.

b) nach 1980: Quantenchemie ist unentbehrliches Teilgebiet der Chemie. Interdisziplinäre Entwicklung neuer Modelle und Rechenverfahren.

1. *Ursprung und Herausbildung der Quantenchemie*

1.1. *Erste Periode (1927–33): Erste quantenchemische Untersuchungen, basierend auf der Quantenmechanik und der chemischen Valenzstrukturtheorie.*

Basierend auf den Grundlagen der Quantenmechanik und der Regeln und Vorstellungen der klassischen chemischen Valenztheorie wurde erstmals von Walter Heitler und Fritz London 1927 die Natur der chemischen Bindung am Beispiel des Wasserstoffmoleküls theoretisch gedeutet.³ Da Berechnungen an größeren Molekülen wegen der noch sehr wenig entwickelten Rechentechnik damals nicht möglich waren, griff man bei deren Betrachtung auf Konzepte der Chemiker wie Valenzzustand, Hybridisierung, Sigma- und Pi-Elektronen, gerichtete Valenzen, Einfach- und Mehrfachbindungen und ähnliches zurück. Die mit spektroskopischen Methoden erhaltenen Daten erlauben wegen der Analogien zwischen den Energieniveaus von einfachen Molekülen und den sie bildenden Atomen, die durch Korrelationsdiagramme zum Ausdruck gebracht werden können, die Interpretation der Spektren solcher Moleküle⁴.

- 2 Vgl. Bykov, G. V., *Istorija organiceskoi khimii. Strukturnaya teorija. Fiziceskaya organiceskaya khimiya. Rascetnije metody.* Moskva: Izdatel'stvo Akademii nauk USSR 1976, S. 96; Hall, G. G., *The Growth of Computational Quantum Chemistry from 1950 to 1971.* – In: *Chemical Society Reviews* (London). 2(1973), S. 21 – 28; Hund, F., *Frühgeschichte der quantenchemischen Behandlung der chemischen Bindung.* – In: *Angewandte Chemie* (Weinheim). 89(1977), S. 89 – 94; Zülicke, L., *Alte und neue Probleme der Quantenchemie.* – In: *Mitteilungsblatt der Chemischen Gesellschaft der DDR* (Berlin). 25(1978), S. 1 – 9; Kutzelnigg, W., *Einführung in die Theoretische Chemie. Band 2: Die chemische Bindung*, Zweite Auflage. Weinheim-New York-Cambridge-Basel-Tokyo: VCH 1993. S. 1 – 6.
- 3 Heitler, W. / London, F., *Wechselwirkung neutraler Atome und homöopolare Bindung nach der Quantenmechanik.* – In: *Zeitschrift für Physik* (Berlin-Göttingen-Heidelberg). 44(1927), S. 455 – 472.
- 4 Hund, F., *Zur Deutung der Molekülspektren I.* – In: *Zeitschrift für Physik* (Berlin-Göttingen-Heidelberg). 40(1927), S. 742 – 764.

Die Quantenchemie entwickelte sich in der Folge zu einer selbständigen Teildisziplin der Physik, die auch auf chemischen Vorstellungen beruht, im Gegensatz zu der unter Physikern anfangs verbreiteten Ansicht, dass Chemie nur die „Physik der Elektronenhülle“ sei, gemäß einer Formulierung von Paul Dirac⁵1929: „Die allgemeine Theorie der Quantenmechanik existiert nunmehr...Die wesentlichen physikalischen Gesetze, auf denen die mathematische Theorie eines großen Teils der physikalischen Wissenschaften und der gesamten Chemie beruht, sind vollständig bekannt und die Schwierigkeiten bestehen nur darin, dass eine exakte Anwendung dieser Gesetze zu Gleichungen führt, deren Lösung zu kompliziert wird“

Dieser Standpunkt ist insofern nicht gerechtfertigt, da die Konzeptionen der Quantenchemie nur teilweise auf der Quantenmechanik beruhen, zum wesentlichen Teil aber auf chemischen Vorstellungen. Auf diesen Vorstellungen basierend wurden die Molekül-Orbital-(MO-)⁶ und Valenz-Bindungs-(VB)-Methode⁷ entwickelt, die das Molekül ausgehend von seinen Bestandteilen beschreiben. Zwecks weiterer Vereinfachung der am häufigsten benutzten MO-Methode werden die MO als Linearkombinationen bestimmter fester Basisfunktionen für freie Atome wiedergegeben (Linear Combination of Atomic Orbitals-(LCAO-)Näherung). Die schon früh von Douglas Hartree⁸ und Vladimir Fock⁹ erarbeitete ab

- 5 Dirac, P. A. M., Quantum Mechanics of Many-Electron Systems. – In: Proceedings Royal Society (London). 123(1929), S. 714 .
- 6 Mulliken, R. S., Assignment of Quantum Numbers for Electrons in Molecules I. – In: Physical Reviews (New York). 32(1928), S. 186 – 222; Lennard-Jones, J. E., The Electronic Structure of some Diatomic Molecules. – In: Transactions Faraday Society (London). 25(1929), S. 668; The Electronic Structure of some Polyenes and Aromatic Molecules, I. The Nature of the Links by the Method of Molecular Orbitals. – In: Proceedings Royal Society (London). 158(1937), S. 280; Hückel, E., Die Quantentheorie der Doppelbindung. – In: Zeitschrift für Physik (Berlin-Göttingen-Heidelberg). 60(1930), S. 423 – 456; Quantentheoretische Beiträge zum Benzolproblem, I. Die Elektronenkonfiguration des Benzols und verwandter Verbindungen. – In: Ebenda, 70(1931), S. 204 – 286; II. Quantentheorie der induzierten Polaritäten. – In: Ebenda, 72(1931), S. 310 – 337.
- 7 Pauling, L. C. / Wilson, E. B., Introduction to quantum mechanics. New York: McGraw-Hill, 1935; Pauling, L. C., The Calculation of Matrix Elements for Lewis Electronic Structures of Molecules. – In: Journal chemical Physics (New York). 1(1933), S. 280 – 283; Rumer, G., Theorie der Spinvalenz. – In: Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse (Göttingen) 1932, S. 337 – 341; Slater, J. C., Directed Valence in Polyamic Molecules. – In: Physical Reviews (New York). 37(1931), S. 481 – 489; Molecular Energy Levels and Valence Bonds. – In: Ebenda, 38(1931), S. 1109 – 1144.
- 8 Hartree, D. R., The Wave Mechanics of an Atom with a Non-Coulomb Central Field I.Theory and Methods. – In: Proceedings Philosophical Society (Cambridge). 24(1928), S. 89 – 110.
- 9 Fock, V. A., Näherungsmethode zur Lösung des quantenmechanischen Mehrkörperproblems. – In: Zeitschrift für Physik (Berlin-Göttingen-Heidelberg). 61(1930), S. 126.

initio-Version dieser Methode war wegen der wenig entwickelten Rechentechnik damals nicht praktikabel, sondern nur die von Erich Hückel¹⁰ vorgeschlagene halbempirische Version zur Behandlung von konjugierten und aromatischen Verbindungen. Bei den vereinfachten halbempirischen Versionen von MO- und VB-Näherung zeigt sich einerseits die modellbildende Funktion der Quantenmechanik in der Chemie und andererseits die Notwendigkeit der Übernahme und Weiterentwicklung von Vorstellungen der klassischen chemischen Strukturtheorie. Analoges gilt für die damals von Hans Bethe¹¹ und John Van Vleck¹² entwickelte Kristallfeldtheorie, mittels deren die Voraussetzungen für eine quantentheoretische Behandlung anorganischer Komplexverbindungen geschaffen wurden (Ligandenfeldtheorie).

1.2. Zweite Periode (1933-50): Numerische und nichtnumerische Untersuchungen ausgewählter Moleküle. Anfänge der Rechentechnik.

Nachdem die Pioniere der Quantenchemie – meist Physiker – deren Grundlagen erarbeitet hatten, wandten sie sich anderen physikalischen Problemen zu wie Festkörper, Atome und Elementarteilchen und es gab in der Folgezeit nur noch wenige Theoretiker, die grundlegende chemische Fragestellungen bearbeiteten¹³. Bei den Chemikern waren zunächst qualitative Untersuchungen im Rahmen der Resonanztheorie¹⁴ populär. Erst später fanden, auch bedingt durch die Entwicklung der Rechentechnik, quantenchemische Ansätze zur Erklärung des Zustandekommens einer chemischen Bindung sowie die Berechnung von π -Elektronensystemen mittels der HÜCKEL-MO-Methode¹⁵ und der Mesomeriemethode¹⁶, einer vereinfachten VB-Version, größeres Interesse. Die so erhaltenen Moleküldiagramme enthalten quantenchemische Indizes wie Elektronendichte, Bin-

- 10 Hückel, E., Die Quantentheorie der Doppelbindung. – In: Zeitschrift für Physik (Berlin-Göttingen-Heidelberg). 60(1930), S. 423 – 456.
- 11 Bethe, H., Termaufspaltung in Kristallen. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 53(1929), S. 133.
- 12 Van Vleck, J. H., The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities. Oxford: Clarendon Press 1932.
- 13 Hellmann, H., Einführung in die Quantenchemie. Wien-Leipzig: F. Deuticke 1937; Eyring, H. / Walter, J. / Kimball, G. E., Quantum Chemistry. New York: Wiley 1945.
- 14 Pauling, L. C., The Nature of the Chemical Bond. Ithaka, New York: Cornell University Press 1939; Wheland, G. W., Theory of Resonance and its Application to Organic Chemistry. New York: Wiley 1945; Syrkin, Ya. K. / Dyatkina, M. E., Khimiceskaya svjaz i stroenije molekul. Moskva-Leningrad: Goskhimizdat 1946.
- 15 Coulson, C. A. / Longuet-Higgins, H. C., The Electronic Structure of Conjugated Systems I. General Theory. – In: Proceedings Royal Society (London) A. 191(1947), S. 39 – 60.
- 16 Daudel, R. / Pullman, A., Sur le calcul de la repartition du nuage électronique dans les molécules aromatiques. – In: Comptes-rendus seances society (Paris). 220(1945), S. 888 – 889.

dungsordnung, Freie Valenz und ähnliches, die mit verschiedenen Moleküleigenschaften korrelierten. Diese Rechnungen konnten wegen der geringen Leistungsfähigkeit der Computer zunächst nur für ausgewählte kleine symmetrische Moleküle und konjugierte Pi-Elektronensysteme durchgeführt werden. Daher hatte die Quantenchemie für die Chemiker im Vergleich zur Beschreibung der Elektronenstruktur mittels solcher aus klassischen Vorstellungen abgeleiteten Konzepte wie Elektronegativität, Resonanz, mesomerer und elektromerer Effekt u.ä. nur geringen Stellenwert. Großen Einfluss auf die theoretische Interpretation experimenteller Befunde hatten qualitative Betrachtungen im Rahmen der Elektronentheorie, wobei man vor allem in der Nachfolge von Christopher Ingold¹⁷ versuchte, Moleküle nicht durch eine Valenzstruktur, sondern durch eine Überlagerung mehrerer solcher Strukturen zu beschreiben. Ähnliche Schwierigkeiten hatte schon Alfred Werner Jahrzehnte früher bei der Untersuchung von Komplexverbindungen; erst die Ligandenfeldtheorie¹⁸ ermöglichte eine Deutung.

Die oben erwähnten VB-Theorie, die als erste quantenmechanische Theorie der chemischen Bindung von Walter Heitler und Fritz London vorgeschlagen und von John Slater und Linus Carl Pauling in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts weiterentwickelt wurde, baut auf dem Konzept von John Lewis¹⁹ auf, eine kovalente Bindung mit einem von zwei Atomen geteilten Elektronenpaar zu identifizieren. Bei Annahme einer perfekten Paarung wird die Wellenfunktion durch Strukturen mit gepaarten Elektronen beschrieben und die Gesamtwellenfunktion ist eine Superposition aller dieser Strukturen, die als Resonanz interpretiert wird, wobei solche mit der tiefsten Energie die größten Beiträge leisten. Die zentrale Bedeutung der Paarwechselwirkungen in der VB-Theorie kommt dadurch zum Ausdruck, dass man mittels des Konzepts der Hybridisierung für Moleküle lokale Orbitale einer geeigneten Geometrie erzeugt. Damit entsprach die ursprüngliche Version der Theorie den Vorstellungen der Chemiker von einer Bindung, hatte aber den Nachteil, dass die Anzahl der zu berücksichtigenden Strukturen drastisch mit der Zahl der Atome im Molekül zunimmt. So existieren zum Beispiel für Benzol C_6H_6 5 nichtionische Strukturen, für Coronen $C_{24}H_{12}$ dagegen schon mehr als 10^5 . Da die Gesamtwellenfunktion eine Superposition

17 Ingold, C. K., *Structure and Mechanism in Organic Chemistry*. Ithaca /New York: Cornell University Press 1953; Becker, H., *Einführung in die Elektronentheorie organisch-chemischer Reaktionen*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1961.

18 Ilse, F. E. / Hartmann, H., – In: *Zeitschrift für physikalische Chemie* (Leipzig). 197(1951), S. 239; Schläfer, H. L. / Gliemann, G., *Einführung in die Ligandenfeldtheorie*. Frankfurt am Main: Akademische Verlagsgesellschaft 1967.

19 Lewis, G. N., *The atom and the molecule*. – In: *Journal American Chemical Society*. 38(1916), S. 762 – 785.

dieser und noch zusätzlich ionischer Strukturen ist, kann man sich vorstellen, dass die Berechnung eines mittelgroßen Moleküls als eine fast unlösbare Aufgabe angesehen wurde, was dazu beitrug, dass man in Chemikerkreisen eher an eine erfolgreiche Mondlandung als an den Einsatz der Quantenchemie in der Chemie glaubte.

In der Zeit vor und während des II. Weltkrieges war nicht zuletzt durch die politische Entwicklung in Deutschland eine Verlagerung der Zentren der theoretischen Forschung vor allem nach den USA, England, Frankreich, Japan und der UdSSR²⁰ erfolgt und es entstanden erste quantenchemische Arbeitsgruppen in diesen und anderen Ländern und später auch in beiden deutschen Nachkriegsstaaten. Es erschienen in stetig wachsender Anzahl Publikationen und zusammenfassende Monographien auf diesem Gebiet und es fanden erste Konferenzen statt, die neben Gastprofessuren und Studienaufenthalten wesentlich zur nationalen und internationalen Kooperation beitrugen. Wie bereits erwähnt, waren der Anwendung der VB-Methode und besonders der aus ihr hergeleiteten Resonanztheorie auf größere chemische Systeme Grenzen gesetzt, so dass schon bald ungeachtet der großen Popularität der Vorstellungen von Linus Carl Pauling unter den Chemikern – er wurde unter anderen 1954 für die Deutung der Struktur und Bindung von Proteinen mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet – zunehmend Kritik an dieser Theorie einsetzte²¹. Obwohl die Experimentalchemiker noch lange Zeit ihre Befunde im Rahmen der ihr zugrunde liegenden nichtnumerischen auf der Elektronentheorie basierenden quantenchemischen Vorstellungen mehr oder weniger befriedigend interpretieren konnten, bildete sich dank der Entwicklung der Rechentechnik die numerische Quantenchemie bevorzugt auf der Basis der MO-Methode heraus und fand in der Chemie zunehmend Anwendung.

- 20 Genannt sei hier der Deutsche Hans Hellmann (1903–1938), der bis 1934 in Hannover tätig war und dann wegen seiner jüdischen Frau nach Moskau emigrierte, wo er am Karpov-Institut für Physikalische Chemie quantenchemische Untersuchungen initiierte, aber bald im Zuge der Stalinschen „Säuberungen“ 1937 ins Straflager verbannt wurde und dort verstarb. Aus Anlass seines 100. Geburtstages fand in Hannover im Jahr 2003 ein Gedenkkolloquium statt, das sein Lebenswerk würdigte; siehe: Jug, K. / Estmer, W. / Heidberg, J. / Heinemann, M. / Schwarz, W. E. H., Hans Hellmann – Pionier der modernen Quantenchemie. – In: Chemie in unserer Zeit (Weinheim). 38(2004), S. 412 – 421.
- 21 Die Kritiker bemängelten, dass man einerseits der Resonanzenergie ungerechtfertigt eine direkte physikalische Bedeutung zuschreibe und dass sie andererseits für größere Systeme praktisch nicht anwendbar sei; siehe Tateviy, V. M., Kvantovaya mekhanika i teoriya stroeniya molekul. Moskva: Izdatelstvo universiteta 1965, die deutsche Übersetzung (Quantenmechanik und Theorie des Molekülbaus) erschien 1968 bei Teubner (Leipzig).

1.3. Dritte Periode (1950-65): Vervollkommnung und vielseitige Anwendungen quantenchemischer Methoden. Computerprogramme.

Diese Periode ist vor allem durch den Einsatz von Computern ständig wachsender Leistungsfähigkeit geprägt. Es wurden auf den bereits nach 1925 entwickelten theoretischen Grundlagen laufend neue vollkommenerere Berechnungsmethoden, insbesondere MO-Ansätze erarbeitet, die programmierbar und damit jedermann zugänglich sind. Die Entwicklung und Anwendung der zahlreichen ab-initio- und halbempirischen Berechnungsverfahren hätte ohne die parallel dazu ablaufende ständige Leistungssteigerung der Computertechnik nicht erfolgen können.

Die größten Fortschritte wurden bei der Vervollkommnung und Anwendung der MO-Theorie erzielt, zunächst mit der HÜCKEL-Methode, die sogar ohne Berechnungen qualitative Voraussagen²² ermöglicht. Später wurden im Zusammenhang mit dem Einsatz der UV-Spektroskopie vor allem in der organischen Chemie, ausgehend von der Formulierung des Vielteilchenproblems mittels eines Eindeterminanten-Ansatzes (HARTREE-FOCK-Methode) in LCAO-Näherung (Clemens Roothaan)²³, fundiertere semiempirische MO-Berechnungsverfahren²⁴ entwickelt, wobei man mit einer geeigneten Näherungslösung für die Koeffizienten der HARTREE-FOCK-Gleichungen startet und die Berechnungsprozedur iterativ solange wiederholt, bis die Ergebnisse für die elektronische Energie im Rahmen einer vorher festgesetzten Genauigkeitsgrenze miteinander übereinstimmen (Self Consistent Field- (SCF-)Verfahren). Um den Rechenaufwand wegen der anfangs noch geringen Leistungsfähigkeit der Computer niedrig zu halten, wurden nur die Pi-Elektronen und später nur alle Valenzelektronen berücksichtigt sowie die meisten der auftretenden Integrale vernachlässigt und die verbleibenden Integrale zum Zwecke der Justierung am Experiment teilweise durch empirische Parameter ersetzt.

- 22 Hückel, E., Grundzüge der Theorie ungesättigter und aromatischer Verbindungen. – In: Zeitschrift für Elektrochemie und physikalische Chemie (Weinheim/Berlin). 43(1937), S. 752 – 788, S. 827 – 849; Heilbronner, E. / Bock, H., Das HMO-Modell und seine Anwendungen, Band I, II, III. Weinheim: Verlag Chemie 1970; Streitwieser Jr., A., Molecular Orbital Theory for Organic Chemists. New York: Wiley 1961.
- 23 Roothaan, C. C. J., New Developments in Molecular Orbital Theory. – In: Reviews of modern Physics (Lancaster). 23(1951), S. 69 – 89.
- 24 Dewar, M. J. S., The Molecular Orbital Theory of Organic Chemistry. New York: McGraw Hill 1969; Parr, R. G., Quantum Theory of Molecular Electronic Structure. New York: Benjamin 1964; Pople, J. A. / Beveridge, D. L., Approximate Molecular Orbital Theory. New York: McGraw Hill 1970; Jug, K., On the Development of Semiempirical Methods in the MO Formalism. – In: Theoretica chimica Acta (Berlin). 14(1969), S. 91 – 135.

Ogleich weniger fundiert als ab initio-Methoden, können diese Verfahren wegen des erheblich kleineren Rechenaufwandes und der Anpassung an experimentelle Daten zu vergleichsweise besseren Ergebnissen führen. Im Zusammenhang mit dem Einsatz von Computern, die zur Herausbildung eines Netzes von Rechenzentren in allen Industrieländern führten, der Entwicklung und Anwendung problemorientierter Programmiersprachen wie FORTRAN und ALGOL und der Erarbeitung leistungsfähiger Versionen von quantenchemischen Rechenprogrammen bewährte sich die dokumentarische Erfassung und der Austausch solcher Programme als ein entscheidender Faktor für deren verbreitete Anwendung, begünstigt durch internationale und nationale Einrichtungen, zum Beispiel das QCPE-(Quantum Chemistry Program Exchange-)Zentrum in Bloomington/USA sowie entsprechende Einrichtungen auf nationaler Ebene.²⁵ Dadurch hatten selbst Nichtspezialisten leichten Zugang zu den Berechnungsverfahren und die Quantenchemie gewann zunehmend an Bedeutung und Ansehen sowohl in der Lehre als auch in der Forschung. Es bildeten sich an vielen Hochschulen und Universitäten Arbeitsgruppen für Quantenchemie, deren Mitarbeiter einerseits zur Verbreitung der Kenntnisse über quantenchemische Methoden und die Möglichkeiten für ihre Anwendung in der chemischen Forschung und andererseits zur methodischen Weiterentwicklung auf ihrem Fachgebiet beitrugen. So wurden insbesondere für die effektivere Durchführung von ab initio-Berechnungen die bereits seit langem verwendeten Slaterfunktionen, die Probleme bei Drei- und Vierzentrenintegralen mit sich bringen, durch Gaußfunktionen ersetzt²⁶, was allerdings erst später bei Vorhandensein leistungsfähigerer Computer voll zur Wirkung kommen sollte. Die Quantenchemie gewann zunehmend an Bedeutung in der Lehre – für Chemiestudenten wurden sowohl obligatorische als auch fakultative Vorlesungen gehalten, und in der Forschung an Universitäten und anderer staatlicher Einrichtungen sowie in einzelnen Industriebetrieben. Es wurden internationale und nationale Tagungen und Schulen für Quantenchemie durchgeführt, anfangs organisiert von den Pionieren auf diesem Gebiet, von denen Robert S. Mulliken 1966 als erster für seine bahnbrechenden Arbeiten den Nobelpreis für Chemie erhielt.²⁷

25 Ritschl, F. / Zülicke, L. / Altenburg, K., Elektronische Datenverarbeitung in der Chemie, Quantenchemie und Computer. – In: Zeitschrift für Chemie (Leipzig). 11(1971). S. 281 – 293.

26 Boys, S. F., Electronic Wave Functions. I. A General Method of Calculation for the Stationary States of Any Molecular System. – In: Proceedings Royal Society (London). A200/(1950), S. 542 – 554.

27 Mulliken, R. S., Spektroskopie, Molekül-Orbitale und chemische Bindung. – In: Angewandte Chemie (Weinheim). 79(1967), S. 541 – 554.

1.4. Vierte Periode der Etablierung der Quantenchemie seit 1965

1.4.1. Erster Teil (1965-80): Weltweite Etablierung der Quantenchemie in Lehre und Forschung dank der Entwicklung der Rechentechnik.

In dieser Phase werden einerseits zunehmend komplizierte Berechnungsverfahren und andererseits schon im Anfangsstadium der Quantenchemie entwickelte Methoden, die lange Zeit nur in anderen Teilgebieten der theoretischen Physik (Festkörper, Cluster, Flüssigkeiten) Anwendung fanden, umfassend eingesetzt. Dank der Nutzung leistungsfähiger Computer wurden ab initio-Programmsysteme entwickelt, die sehr genaue Ergebnisse für zweiatomige Moleküle (bis 50 Elektronen) oder mehratomige Moleküle (bis 20 Elektronen) liefern und grundsätzliche Fragen der chemischen Bindung und des Molekülbaus aufzuklären gestatten. Auf diese Weise können relativ kleine instabile Spezies, die zum Beispiel in der Astronomie oder der Plasmachemie wichtig, experimentell aber nur sehr schwierig oder gar nicht zugänglich sind, charakterisiert werden. Die mit genähernten ab initio-Verfahren für mittelgroße Moleküle (bis 100 Elektronen) erhaltenen Ergebnisse sind meist zuverlässiger als halbempirische Befunde.²⁸ Für große Moleküle ist man allerdings weiterhin auf den Einsatz solcher und empirischer Verfahren angewiesen.

Auch qualitative Konzepte wie Ligandenfeldtheorie²⁹, GILLESPIE-Modell³⁰ und die Regeln von Robert Woodward und Roald Hoffmann³¹ (Nobelpreis für Chemie 1981 zusammen mit Kenichiro Fukui) finden verstärkt Anwendung. Die Quantenchemie hat den Zustand eines etablierten Fachgebietes in Lehre und Forschung erreicht und ist in nahezu allen Institutionen der Chemie sowie der molekülphysikalischen und der molekularbiologischen Forschung vertreten. Weltweit findet man spezielle Lehrstühle und Forschungsgruppen und die Anzahl der Publikationen sowie der Journale und Monographien, in denen sie er-

28 Schaefer III, H. F., *The Electronic Structure of Atoms and Molecules. A survey of rigorous quantum mechanical results*, Reading/Mass.: Edison-Wesley 1972; Carsky, P. / Urban, M., *Ab initio Calculations. Methods and Applications in Chemistry*, – In: *Lecture Notes in Chemistry*, Bd.16. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1980; Wahlgren, U. / Johnson, K. H., *Determination of the Internal Rotation Barrier in Ethane by the SCFX_n Scattered Wave Method*. – In: *Journal chemical physics* (New York). 56(1972), S. 3715 – 3716; Hehre, W. J. / Radom, L. / Schleyer, P. v. R. / Pople, J. A., *Ab initio molecular orbital theory*. New York: Wiley 1986.

29 Haberditzl, W., *Quantenchemie. Ein Lehrgang. Band 3: Komplexverbindungen*, Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1979.

30 Gillespie, R. J., *Molekülgeometrie*, Weinheim: Verlag Chemie 1975.

31 Woodward, R. B. / Hoffmann, R., *Die Erhaltung der Orbitalsymmetrie*, Weinheim: Verlag Chemie 1970.

schieden sind, ist ständig im Steigen begriffen. Das zeigt die stetig wachsende Bedeutung der Quantenchemie neben Thermodynamik und Kinetik für die mathematisch-theoretische Durchdringung der Chemie.³² Neben den meist in spe-

- 32 In den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts bildeten sich in der Bundesrepublik Deutschland Arbeitsgruppen für Quantenchemie in Frankfurt am Main (Hermann Hartmann), Göttingen (Werner Bingel) und München (Heimwerner Preuß), die ebenso wie später einige ihrer Schüler (z.B. Werner Kutzelnigg/Bochum, Reinhart Ahlrichs/Karlsruhe, Sigrid D. Peyerimhoff/Bonn, Karl Jug/Hannover u.a.) international beachtete Beiträge zur methodischen Entwicklung des Fachgebietes leisteten. Später gab es weitere Gruppen an Hochschulen und anderen Forschungsinstitutionen sowie in der Industrie, die sich sowohl mit der Fundierung der Methoden als auch mit ihrer Anwendung in der Chemie beschäftigten. Eine stetig wachsende Zahl von Publikationen, Studienaufenthalte sowie Quantenchemieschulen und die ab 1965 jährlich stattfindenden Symposien für Theoretische Chemie im deutschsprachigen Raum trugen neben der Nutzung von leistungsfähigen Großrechnern (IBM, CDC) und Rechenprogrammen (QCPE Deutsches Rechenzentrum Darmstadt, persönlicher Austausch), die meist auf MO-Ansätzen basierten, zur Beantwortung chemischer Fragestellungen von praktischer Bedeutung bei, nicht zuletzt dank der durch einen moderneren Studienablauf allen Chemikern vermittelten Kenntnisse über Quantenchemie, die somit zum unentbehrlichen Bestandteil der Chemie wurde. In der Deutschen Demokratischen Republik waren die Voraussetzungen für die Durchführung quantenchemischer Berechnungen anfangs noch schlechter; in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts verfügte man nur über elektromechanische Tischrechner und erst ab 1960 über einen elektronischen Rechenautomaten des VEB Carl Zeiss Jena. Es gab an den chemischen Instituten zunächst lediglich einige Enthusiasten, die sich autodidaktisch quantenchemische Kenntnisse aneigneten und Forschungen durchführten, zum Beispiel an Diaryläthylenen mit der HMO-Methode (Gerhard Rasch) am Institut für Organische Chemie und Biochemie und methodische Untersuchungen an kleineren Molekülen und Festkörperoberflächen (Heinz und Helga H. Dunken, Hans Müller) am Institut für Physikische Chemie der Friedrich-Schiller-Universität Jena. An der Humboldt-Universität zu Berlin (Werner Haberditzl) wurden basierend auf Experimenten zur Magnetochemie (Robert Havemann) anorganische Komplexe bearbeitet. An der Universität Leipzig begannen Manfred Scholz, Rolf Borsdorf und Cornelius Weiss mit HMO-Berechnungen von Azulenen und Joachim Reinhold mit Untersuchungen an anorganischen Komplexen. Wenig später entstanden Arbeitsgruppen an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald (Rudolf Taube, Klaus Gustav: Anorganische Komplexe), der Technischen Universität Dresden (Jürgen Fabian, Achim Mehlhorn: Organische Schwefelverbindungen), der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Wolfgang Gründler: Phosphorverbindungen) und der Technischen Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg (Gerhard Rasch ab 1968: Organische und metallorganische Verbindungen). Im Ergebnis der 3. Hochschulreform in der DDR 1968 wurde an mehreren Universitäten und Hochschulen (Berlin, Leipzig, Jena, Leuna-Merseburg) das Fachstudium Theoretische Chemie eingeführt, das unter anderen die Grundlagen der Quantenchemie vermittelte und damit die Voraussetzung für eine Diplomarbeit und/oder Promotion schuf. Später gab es auch an anderen Universitäten und Hochschulen, Forschungsinstituten der Akademie der Wissenschaften und nicht zuletzt in der Industrie Spezialisten, die wesentlich zur Popularisierung quantenchemischer Methoden und ihrer Anwendung beitrugen. Bei der Deutschen Akademie der Wissenschaften wurde von dem Physiker Bernhard Kockel 1959 eine Arbeitsgruppe für Theoretische Chemie gegründet, die später als Abteilung zum Institut für Physikalische Chemie der Akademie in Berlin gehörte und von Kurt Altenburg sowie von Lutz Zillicke geleitet wurde. Die Mitarbeiter beschäftigten sich mit der Berechnung chemischer Elementarreaktionen sowie mit Anwendungen der Quantenchemie, und nach der Akademiereform 1968 mit der Koordinierung der theoretischen Forschung. Eine ausführliche Darstellung hierzu findet man bei: Müller, H., Entwicklung der Quantenchemie in der DDR. – In: Zeitschrift für Chemie (Leipzig), 14 (1974), S. 427–433.

ziellen Arbeitsgruppen tätigen Quantenchemikern nutzen zunehmend Experimentalchemiker Standard-Rechenprogramme und qualitative Konzepte zur Interpretation und Vervollständigung ihrer synthetischen und analytischen Befunde. Auf diese Weise tragen Entwicklungen auf dem Gebiet der Quantenchemie direkt oder indirekt zur theoretischen Fundierung in der Chemie (Syntheseplanung, Struktur-Wirkungs-Analyse und ähnlichem) bei.

1.4.2. Zweiter Teil (nach 1980): Quantenchemie ist ein unentbehrliches Teilgebiet der Chemie. Interdisziplinäre Entwicklung neuer Modelle und Rechenverfahren

Die Quantenchemie ist ab 1980 weltweit ein etabliertes Teilgebiet der Chemie. Etwa 20 Prozent der Publikationen enthalten Ergebnisse quantenchemischer Untersuchungen entweder zur Weiterentwicklung der Theorie und der Berechnungsmethoden oder zur Anwendung erprobter Methoden in der Chemie. Im letzteren Falle stößt man häufig auf durch die Rechenmöglichkeiten bedingte Kapazitätsgrenzen oder methodisch bedingte Unzulänglichkeiten, die wiederum Anstoß zur Erprobung neuer oder verbesserter Näherungsansätze geben. In den jährlichen Fortschrittsberichten über Theoretische Chemie der Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCH)³³ werden die jeweils im vergangenen Jahr auf den verschiedenen Anwendungsgebieten der Quantenchemie erzielten wichtigsten Erfolge referiert und bewertet, über die kurz berichtet wird.

1. Ab-initio-Berechnungsmethoden: Sie werden meist mittels des kommerziell zugänglichen Programmpaketes GAUSSIAN von John Pople und Mitarbeitern mit Gaußfunktionen-Basissätzen durchgeführt, der Vereinfachung halber zunehmend als Dichtefunktional- (DF-)Berechnungen, zunächst in der vereinfachten Version von Walter Kohn und L Sham (KS), später auch in aufwendigeren Versionen (Pople und Kohn erhielten 1998 den Nobelpreis für Chemie).

Im Prinzip existieren heute optimierte Basissätze zur Berechnung sämtlicher Atome des Periodensystems der Elemente (PSE) und ihrer Verbindungen. Ab initio-Berechnungen in SCF-Näherung werden routinemäßig mit dem kommerziell erhältlichen Programmsystem GAUSSIAN, von dem mittlerweile einige mit der Zeit immer leistungsfähigere Versionen vorliegen, durchgeführt. Für sehr große Systeme wendet man wegen des erheblich geringeren Rechenaufwandes und der besseren Anpassung an das Experiment durch Parametrisierung weiterhin se-

33 Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium. Zeitschrift der GDCH, Weinheim: Wiley-VCH. Ab 38(1990) findet man jährliche Berichte über neuere Entwicklungen auf ausgewählten Teilgebieten der Quantenchemie, verfasst von Spezialisten. Detaillierte Ausführungen dazu mit Zitaten findet man dort.

miempirische Verfahren, zum Beispiel das Programmsystem HYPERCHEM oder speziell für Verbindungen höherer Elemente des PSE entwickelte Versionen an. Bei den letzteren Berechnungen werden zudem die Effekte der Elektronenkorrelation implizit berücksichtigt. Bei ab initio-Verfahren ist das nur mit korrelierten Ansätzen wie Doppelanregung (SDCC), Multireference-(MR)-CI, CASSCF und ähnlichen möglich. Letztgenannte Verfahren ermöglichen bislang nur die Behandlung relativ kleiner Systeme, worunter aber auch reagierende Systeme in verschiedenen Multipllettzuständen und angeregte Molekülzustände sein können. Beispiele hierfür sind in der Plasmachemie, der Astrophysik und in der Atmosphärenchemie wichtige dreiatomige (zum Beispiel O_3 , S_3 , CH_2) und vieratomige (zum Beispiel O_4 , $HCCN$, MCH_2^+) Spezies. Größere Systeme wurden dagegen bevorzugt mit ab-initio und semiempirischen SCF-Methoden untersucht, zum Beispiel Fullerene (C_{60} -Derivate), Cumulene, Polyacetylene C_n ($n=18-60$), Cluster von Wasser $(H_2O)_n$ und Metallen Me_n ($Me=Ni, Al, Ga$). Um größere Systeme wie Biopolymere, Wasserkomplexe, Pharmaka und ähnliche zu untersuchen, benutzt man gewöhnlich eine Kombination von quantenchemischen Verfahren, Kraftfeldmethoden und – da es sich meist um Stoffe oder Reaktionen in wässriger oder organischer Lösung handelt – empirischen Modellen für das Lösungsmittel. Dank des Einsatzes von DFT-Ansätzen konnten in letzter Zeit auf diesem Gebiet wesentliche Fortschritte für eine Vielzahl praktisch interessierender Systeme erzielt werden, obwohl noch längst nicht alle Probleme behandelt oder gar geklärt werden konnten.

2. Überblick über die derzeit wichtigsten Anwendungen quantenchemischer Methoden

2.1. Untersuchung von Struktur und Eigenschaften mit semiempirischen und ab initio SCF-Methoden sowie mit korrelierten Methoden:

a) **Leichtatomige Moleküle.** Für kleinere und größere Systeme existieren derzeit eine Vielzahl von Berechnungsverfahren, bei denen geeignete Basissätze und effektive Methoden zur Berücksichtigung der Elektronenkorrelation Anwendung finden. Dadurch sind zum Teil sehr genaue Rechnungen für Grundzustände und elektronisch angeregte Zustände möglich, so dass aktuelle Fragen der Theoretischen Organischen Chemie bezüglich der Eigenschaften von Ionen und Radikalen sowie ihrer Reaktionen, Protonen-Transfer, Chiralität, Potentialflächen und ähnliches zuverlässig beantwortet werden können. Erprobte Anwendungen:

a1) Kleine Systeme: Untersuchungen zu Diels-Alder-Reaktionen (z.B. Butadien + Ethylen), Ion-Molekül-Austauschreaktionen (zum Beispiel $F^-(H_2O)_n$

+CH₃Cl) und Cyclisierungen (zum Beispiel Hex-3-en 1,5-diin → p-Benzyn; cis-Cyclobuten-1,2d₂-> Tetramethylen).

a2) Große Systeme: Vergleichende semiempirische und ab initio-Berechnungen an Fullerenen, Polymeren, Proteinen und anderen biochemisch wichtigen Molekülen wie Biopolymeren und Pharmaka mit bis zu 700 Atomen, zum Beispiel C₂₅₃H₂₂₀O₁₅₂N₃₈P₂₄ und im Falle der Photosynthese eines Zwischenproduktes mit 536 Atome und 1532 Elektronen. Qualitative MO LCAO-Betrachtungen (WOODWARD-HOFFMANN-Regeln).

b) Schweratomige Moleküle. Für Übergangsmetall-Komplexe, d-Metallverbindungen, große Komplexe und Cluster mit f-Elementen finden KOHN-SHAM-(KS-)DFT-Berechnungen, die CAR-PARINELLO-Simulation und die Monte Carlo-Methode vorrangig Anwendung:

b1) Kleinere Systeme: Bei der Berechnung von Säure-Basen-Wechselwirkungen wird der Einfluss der d-Orbitale und f-Orbitale berücksichtigt. Es erfolgt ein Vergleich quantenchemischer Befunde mit den Ergebnissen qualitativer Betrachtungen mittels der Ligandenfeldtheorie oder des GILLESPIE-Modells.

b2) Größere Systeme: Von besonderem Interesse sind Metallcluster, Metalllegierungen, Halbleiter, Übergangsmetallkomplexe und metallorganische Verbindungen (Monomere und Polymere, zum Beispiel Chlorsiloxane). Hier findet vorwiegend die DFT(KS)-Theorie Anwendung.

2.2. Kombinierte Methode Quantenmechanik (QM)/Molekülmechanik (MM)

Die Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen wie Lösungsmittel und die Berechnung von polymeren Biosystemen erfolgt entweder mit QM/MM oder mittels elektrostatischer Modelle.

2.3. Reaktionsdynamik und Streuquerschnitte

Hierfür existieren unterschiedliche klassische und quantenmechanische Ansätze. Entscheidend für die Güte der Ergebnisse ist die Genauigkeit der quantenchemisch berechneten Potentialflächen. Auch mit der Molekülspektroskopie, insbesondere der Femtosekunden-Laserspektroskopie experimentell oder durch quantenmechanische Berechnungen zugängliche Kenntnisse über angeregte Molekülzustände (bis 70 Atome) sind für Aussagen zur Dynamik wichtig.

2.4. Berechnungen von NMR- und EPR-Parametern und Molekülschwingungen

Chemische Verschiebungen können zum Beispiel durch IGLO- Rechnungen für

Festkörper und Zeolithe vorausgesagt werden, ebenso Kopplungskonstanten; Spindichten; g-Faktoren. Die zuverlässige theoretische Voraussage der Frequenzen und Intensitäten von Molekülschwingungen ist für die Aufklärung des Zusammenhangs von Struktur und Reaktivität wichtig

2.5. Berechnung nichtlinearer optischer Eigenschaften

Für Untersuchung kondensierter Phasen von Fullerenen, Polyenen, Carotinoiden und ähnlichen wichtig.

2.6. Berechnungen zur Oberflächenstruktur von Metallen und Zeolithen

Sie ermöglichen Aussagen zur Adsorption sowie zur homogenen und heterogenen Katalyse.

2.7. Quantendynamik komplexer Systeme.

3. Zusammenhang zwischen Problem, Methode und Objekt in der Quantenchemie

Die aus der experimentellen Tätigkeit der Chemiker resultierende Fragestellung nach der Art der Bindung in Molekülen und makroskopischen Körpern und den daraus folgenden physikalisch-chemischen Eigenschaften spielte im Laufe der Entwicklung der Chemie eine zentrale Rolle und war Hauptgegenstand der theoretischen Chemie. So konnten im Rahmen der klassischen chemischen Strukturtheorie für viele Verbindungen eindeutige Strukturformeln aufgestellt und damit die Voraussetzungen für die Aufklärung von deren Eigenschaften und die Synthese neuer Verbindungen mit gewünschten Eigenschaften geschaffen werden. Mit dieser Theorie konnten aber weder das Zustandekommen einer chemischen Bindung erklärt noch die Strukturformeln solcher Verbindungsklassen wie konjugierte und aromatische Kohlenwasserstoffe oder anorganische Komplexverbindungen aufgestellt werden. Die auf Vorstellungen der klassischen Physik basierende Elektronentheorie ermöglichte zwar eine Beschreibung des Zustandekommens einer chemischen Bindung, doch erst auf der Grundlage der Quantenmechanik konnte ihr Zustandekommen ursächlich gedeutet werden.³⁴ Dieses für

34 Eine kurze für das Verständnis der nachfolgenden Ausführungen wichtige Darstellung der historischen Entwicklung der Chemie und insbesondere der Struktur- und Bindungstheorie findet man unter anderen in: ABC Geschichte der Chemie. Hrsg. v. Siegfried Engels u. Rüdiger Stolz. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1989.

die Quantenchemie³⁵ zentrale Problem kann zwar mittels des Formalismus der Quantenmechanik auf einheitliche Weise behandelt werden, jedoch kann dieser Lösungsweg in den meisten die Chemiker interessierenden Fällen auf Grund rechnerischer und teilweise prinzipieller Schwierigkeiten nicht beschränkt werden. Daher ist man einerseits auf Näherungsansätze bei der Aufstellung und Lösung der nichtrelativistischen Schrödingergleichung und in vielen Fällen darüber hinaus auf eine teilweise oder vollständige Parametrisierung der Berechnung (halbempirische oder empirische Methoden) angewiesen, der auch chemische Konzeptionen zugrunde liegen, da man grundsätzlich nicht alle Vorgänge in der Chemie und schon gar nicht in der Biologie ausschließlich mit physikalischen, insbesondere quantentheoretischen Vorstellungen formulieren kann. Abgesehen von den prinzipiellen Schwierigkeiten bei der Behandlung des Mehrteilchenproblems erscheint es unzweckmäßig und dem Verständnis abträglich, komplexe chemische und biologische Systeme und Prozesse ausschließlich mittels quantentheoretischer Kategorien zu beschreiben. Die Benutzung von Modellen, die letztlich auch auf der Quantenmechanik basieren, jedoch daneben die disziplinspezifischen Besonderheiten berücksichtigen, erweist sich hier als geeigneter Weg und wesentlicher Fortschritt gegenüber klassischen auf empirischen oder spekulativen Ansätzen beruhenden Modellen.³⁶ Man kann demnach drei Untersuchungsebenen der Quantenchemie unterscheiden³⁷, zwischen denen Wechselwirkungen untereinander sowie zum Experiment, insbesondere zu physikalisch-chemischen Analysemethoden, bestehen. Die methodische und inhaltliche Weiterentwicklung wurde zum Zeitpunkt der Herausbildung wesentlich durch Fortschritte auf den Gebieten der etablierten Disziplinen Chemie, Physik und später auch der Biologie beeinflusst, wobei von der Mathematik und der sich erst allmählich und später ziemlich rasant entwickelnden Computertechnik die Voraussetzungen für die Durchführung von Berechnungen geschaffen wurden.³⁸

Damit die Quantenchemie zu einer für die Chemiker praktikablen Theorie wurde, mussten gegenüber der Quantenmechanik solche zusätzlichen Annahmen

35 Hellmann, H., Einführung in die Quantenchemie, a.a.O..

36 Gey, E. / Parthey, H., Der Zusammenhang von Forschungssituation und Kooperationsform bei der Herausbildung neuer Spezialgebiete im 20. Jahrhundert am Beispiel der Quantenchemie im Vergleich mit anderen Fallstudien. — In: Rostocker Wissenschaftshistorische Manuskripte (Rostock), 2(1978), S. 115 – 126; Gey, E., Der Zusammenhang von interdisziplinären Forschungssituationen und Kooperationsverhalten bei der Bildung und Entwicklung neuer Spezialgebiete, dargestellt am Beispiel der Quantenchemie — In: Interdisziplinarität in der Forschung, Analysen und Fallstudien. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Klaus Schreiber. Berlin: Akademie-Verlag 1983. S. 151 – 175.

37 Hund, F., Geschichte der physikalischen Begriffe, Teil 2. Mannheim-Wien-Zürich: Springer 1978. S.187.

gemacht werden, wie sie zum Beispiel der MO-(Molecular Orbital)-³⁹ und VB-(Valence Bond-) Näherung⁴⁰ zugrunde liegen. Ihr interdisziplinärer Charakter resultiert daraus, dass sie einerseits auf physikalischer Grundlage beruht, andererseits jedoch auf chemische Fragestellungen zugeschnitten ist. Mit der Erarbeitung der Grundlagen der Quantenmechanik war es erstmals möglich, seit langem anstehende Fragestellungen der Theorie der chemischen Bindung auf einheitlicher Basis fundiert zu behandeln. Wesentliche Voraussetzung für eine Weiterentwicklung der Quantenchemie und ihre Anwendung zur Beantwortung aktueller chemischer Fragestellungen waren die Erarbeitung geeigneter mathematischer Methoden und numerischer Lösungsverfahren sowie der Einsatz von leistungsfähigen Computern⁴¹; das hatte die Beschäftigung spezialisierter Mathematiker mit diesen Aufgaben zur Folge. Da anfangs, abgesehen von wenigen Ausnahmen wie zum Beispiel dem Wasserstoffmolekül H_2 , die rechnerischen Schwierigkeiten unüberwindlich erschienen – noch vor fünfzig Jahren wurden die Chancen für die Realisierung der bemannten Mondlandung günstiger eingeschätzt als die der zuverlässigen ab initio-Berechnung eines größeren Moleküls – hatte das zur Folge, dass bis zu dieser Zeit eine Vielzahl sowohl aus der Quantentheorie als auch aus der klassischen chemischen Strukturtheorie und der Mesomerielehre folgender Konzepte für vorrangig qualitative Betrachtungen zur Natur der chemischen Bindung⁴² eingesetzt wurden. Das bedeutete einen beachtlichen Fortschritt bei

- 38 Hierbei wird deutlich, dass sich das neue Fach Quantenchemie, das der heutige Studierende als eigenständigen Studiengang kennt, zunächst im Rahmen dieser Disziplinen herausbildete, erst ab einem gewissen Entwicklungsstand (siehe oben) dank seiner interdisziplinären Merkmale als selbständiges Lehr- und Forschungsgebiet institutionalisiert wurde, wobei auch weiterhin der Austausch mit den Mutterdisziplinen stetig erfolgt. Auf diesen Umstand wird am Beispiel der Herausbildung anderer Studiengänge hingewiesen. Vgl.: Geschichte der Universität unter den Linden 1810-2010. Band 4: Genese der Disziplinen. Die Konstitution der Universität. Hrsg. v. H. E. Tenorth. Berlin: Akademie-Verlag 2010.
- 39 Hund, F., Zur Deutung der Molekülspektren I., a.a.O.; Mulliken, R. S., Assignment of Quantum Numbers for Electrons in Molecules I., a.a.O..
- 40 Pauling, L. C., The Calculation of Matrix Elements for Lewis Electronic Structures of Molecules, a.a.O.; Slater, J. C., Directed Valence in Polyatomic Molecules, a.a.O.
- 41 Ritschl, F. / Zülicke, L. / Altenburg, K., Elektronische Datenverarbeitung in der Chemie, Quantenchemie und Computer, a.a.O.; Plath, P., Interdisziplinarität in den Naturwissenschaften. – In: Theorie und Labor. Dialektik im Programm der Naturwissenschaften. Hrsg. v. Peter Plath und Hans-Jürgen Sandkühler, Köln 1978, S. 204 – 225; Schirmer, W. / Zülicke, L., Konzeptionen und Erfahrungen bei der theoretischen Fundierung der naturwissenschaftlichen Forschung, insbesondere der Chemie. – In: Planung und Leitung der Wissenschaft. Hrsg. v. G. M. Dobrov u. Dietrich Wahl. Berlin: Akademie-Verlag 1976; Glaeske, H.-J. / Reinhold, J. / Volkmer, P., Quantenchemie. Band 5: Ausgewählte mathematische Methoden der Chemie, Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1987.

der Systematisierung und Interpretation des bis dahin vorliegenden empirischen Datenmaterials, allerdings war die Vorausberechnung bzw. Abschätzung von Zahlenwerten für viele physikalisch-chemische Eigenschaften vorerst nur mittels empirischer Regeln, additiver Schemata und ähnlichen möglich. Besonders für isolierte organische und elementorganische Moleküle konnten so mit geringem Aufwand wertvolle Aussagen erhalten werden, zumal die Sonderstellung des Kohlenstoffs im PSE eine Klassifizierung der C-C und C-H-Bindungen erlaubt. Auf der Basis der VB- und MO-Ansätze von Linus Pauling⁴³ und Erich Hückel⁴⁴, die wegen des geringeren Rechenaufwandes nur die Pi-Elektronen berücksichtigten, wurden für konjugierte und aromatische Kohlenwasserstoffe sowie für analoge Heterocyclen erste quantenchemische Rechnungen publiziert.⁴⁵ Erst mit dem Einsatz leistungsfähigerer Computer ab den fünfziger Jahren erfolgte die Erarbeitung und Anwendung von Allvalenzelektronenverfahren und damit die Berechnung einer Vielzahl weiterer Verbindungsklassen und die Anzahl der Spezialisten und Publikationen stieg beträchtlich an.⁴⁶ Neben Betrachtungen von Molekülen im Grundzustand erfolgten Untersuchungen radikalischer, ionischer und angeregter Spezies sowohl zur Interpretation ihrer Spektren als auch zur Abschätzung von Aktivierungsenergien und Zwischenstadien von Reaktionsabläufen.⁴⁷ Dank der Berechnung einer Vielzahl von Spezies sowohl mit semiempirischen als auch mit ab initio-MO LCAO SCF-Versionen konnten so für die chemische Forschung wichtige verlässliche Aussagen über den Zusammenhang von Struktur und Eigenschaften erhalten werden, im wachsenden Umfang auch für solche Verbindungen, für die es keine oder nur unzureichende Messungen gibt.⁴⁸ Im Be-

42 Pauling, L. C., *The Nature of the Chemical Bond*, a.a.O.; Coulson, C. A., *Valence*. Oxford: Pergamon 1952; Ingold, C. K., *Structure and Mechanism in Organic Chemistry*, a.a.O.; Ketelaar, J. A. A., *Chemische Konstitution. Eine Einführung in die Theorie der chemischen Bindung*. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn 1964.

43 Pauling, L. C. / Wilson, E. B., *Introduction to Quantum Mechanics*, a.a.O..

44 Hückel, E., *Die Quantentheorie der Doppelbindung*, a.a.O..

45 Streitwieser Jr., A., *Molecular Orbital Theory for Organic Chemists*, a.a.O..

46 Von der Vielzahl der bis heute erschienenen Publikationen zu dieser Thematik seien hier erwähnt: Kutzelnigg, W., *Einführung in die Theoretische Chemie. Band 2: Die chemische Bindung*, a.a.O.; Scholz, M. / Köhler, H.-J., *Quantenchemie. Ein Lehrgang. Band 3: Quantenchemische Näherungsverfahren und ihre Anwendung in der organischen Chemie. Einführung in die semiempirischen LCAO-MO-Verfahren*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1981; Birner, P. / Hofmann, H.-J. / Weiss, C., *MO-theoretische Methoden in der organischen Chemie*. Berlin: Akademie-Verlag 1979; Woodward, R. B. / Hoffmann, R., *Die Erhaltung der Orbitalsymmetrie*, a.a.O.; Haberditzl, W., *Quantenchemie. Ein Lehrgang. Band 4: Ligandenfeldtheorie*, a.a.O.

47 Siehe neuere Ergebnisse in: *Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium. Zeitschrift der GDCh*, a.a.O.

darfsfall können diese Berechnungen mit kommerziell zugänglichen Programmversionen (zum Beispiel HYPERCHEM, GAUSSIAN und ähnliches) auch von Nichtspezialisten genutzt werden. Oft ergeben sich jedoch bei Erweiterung des Anwendungsbereiches eines Näherungsverfahrens bisher nicht in Erwägung gezogene methodische Probleme, die der Betrachtung durch den Spezialisten bedürfen, so dass deren Mitarbeit in experimentellen Forschungsgruppen sinnvoll erscheint. Ansonsten sind in erster Linie methodische Weiterentwicklungen und ihre rechentechnische Realisierung von den heute schon weltweit in den meisten Hochschulen und sonstigen Forschungseinrichtungen existierenden theoretischen und insbesondere quantenchemischen Arbeitsgruppen zu erwarten, wie aus der Vielzahl von Publikationen zur Behandlung neuer Klassen von Verbindungen wie biochemisch relevante Stoffe, Verbindungen und Cluster schwerer Atome, Zwischenstufen bei katalytischen und Oberflächenreaktionen und Vorgängen in Lösungen und Festkörpern ersichtlich wird. Hierbei sind insbesondere die zwischenmolekularen Wechselwirkungen dominierend, die erst in jüngster Zeit auf einheitliche Weise quantenchemisch behandelt werden können. Dank der Erarbeitung effektiver Verfahren der expliziten Berücksichtigung der insbesondere für die Dispersionsenergie wichtigen Elektronenkorrelation sowie des Einsatzes halbempirischer Näherungsverfahren zur Deutung chemischer und spektroskopischer Befunde konnte die Theorie dieser Wechselwirkungen verbessert und ihr Anwendungsbereich wesentlich erweitert werden.⁴⁹ Auch bei der Untersuchung chemischer Reaktionen, d.h. bei der Berechnung von Potentialflächen und Wirkungsquerschnitten, gibt es beachtliche Ergebnisse, bedingt einerseits durch methodische und rechentechnische Fortschritte und andererseits durch die Entwicklung und Vervollkommnung neuer experimenteller Techniken wie zum Beispiel der Methode der gekreuzten Molekularstrahlen sowie Verfahren zur Untersuchung schneller Reaktionen, insbesondere der Femtosekunden-Laserspektroskopie.⁵⁰ Die Anwendung der Mathematik

- 48 Zülicke, L., Quantenchemie. Ein Lehrgang. Band 1: Grundlagen und allgemeine Methoden, Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1973; Band 2: Atombau, chemische Bindung und molekulare Wechselwirkungen, a.a.O.; Hehre, W. J. / Radom, L. / Schleyer, P. v. R. / Pople, J. A., Ab initio molecular orbital theory, a.a.O.; Parr, R. G. / Yang, W., Density-Functional Theory of Atoms and Molecules, New York: Oxford University Press, Oxford: Clarendon Press; neuere Ergebnisse siehe Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium, Zeitschrift der GDCh, a.a.O.
- 49 Koutecky, J., Quantum Theory of Surface Phenomena. – In: Progress in Surface and Membran Science (Oxford- Braunschweig). 1976, S. 1 –70; Hobza, P. / Zahradnik, R., Weak Intermolecular Interactions in Chemistry and Biology. Prag: Academia 1980.
- 50 Nikitin, E. E. / Zülicke, L., Selected Topics of the Theory of Chemical Elementary Processes, – In: Lecture Notes in Chemistry (Berlin-Heidelberg-New York: Springer)- 8(1978).

in der Quantenchemie⁵¹ umfasst außer numerischen Verfahren wie Lösung linearer Gleichungssysteme und Integralberechnungen sowie störungstheoretischen Ansätzen auch solche Darstellungsmethoden wie Gruppentheorie⁵², Graphentheorie⁵³ und ähnliche. Vielfach konnten bestimmte Fragestellungen erst beantwortet werden, nachdem dafür ein geeigneter mathematischer Apparat ausgearbeitet wurde. Auch qualitative Modelle, zum Beispiel das von Robert Gillespie⁵⁴, oder Regeln, zum Beispiel die von Robert Woodward und Roald Hoffmann⁵⁵, sind weiterhin von chemischen Interesse.

Die Behandlung der Probleme der chemischen Bindung und des Zusammenhanges zwischen Molekülstruktur und Reaktivität kann zwar im Prinzip, jedoch nicht in der Praxis quantenchemisch auf einheitlichem Niveau erfolgen. Gemäß einer Grobklassifikation sind diese Untersuchungen auf drei verschiedenen Ebenen möglich, d.h. erstens unter Verwendung strenger quantentheoretischer Ansätze, zweitens mittels Methoden mittleren Verallgemeinerungsgrades, insbesondere den verschiedenen MO- und VB-Ansätzen, und drittens unter Benutzung von im Wesentlichen auf der chemischen Erfahrung aufbauenden empirischen Ansätzen.⁵⁶ Die letztgenannten bilden die unterste Ebene der Behandlung der Probleme der chemischen Bindung und des Zusammenhanges zwischen Molekülstruktur und Reaktivität, die in der ersten Periode der Entwicklung der Quantenchemie für die Chemiker nahezu ausschließlich in Frage kam, aber auch in der Folgezeit von großem praktischen Interesse war. In einigen Bereichen der Chemie konnte hingegen in den letzten Jahrzehnten durch Verwendung entweder strenger quantentheoretischer Ansätze oder fundierter Methoden mittleren Verallgemeinerungsgrades, meist in MO-Näherung, die Bedeutung rein empirischer Konzepte wesentlich eingeschränkt werden, in anderen waren sie nach wie vor unumgänglich. Dank der Entwicklung der Computertechnik und der Erstellung leicht übertragbarer Rechenprogramme einerseits und mittels neuer experimenteller, insbesondere spektroskopischer Methoden erhaltener Messdaten andererseits fanden ab der dritten Periode sowohl die bereits vorliegenden einfachen als

51 Glaeske, H.-J. / Reinhold, J. / Volkmer, P., Quantenchemie. Ein Lehrgang. Band 5: Ausgewählte mathematische Methoden der Chemie, a.a.O.

52 Mathiak, K. / Stingl, P., Gruppentheorie für Chemiker, Physiko-Chemiker, Mineralogen, Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1968.

53 Gutman, I. / Trinajstić, N., Graph Theory and Molecular Orbitals. — In: Fortschritte der chemischen Forschung (Berlin-Heidelberg-New York: Springer). 42(1973), S. 49 – 93.

54 Gillespie, R. J., Molekülgeometrie, Weinheim: VCH 1975.

55 Woodward, R. B. / Hoffmann, R., Die Erhaltung der Orbitalsymmetrie, a.a.O.

56 Hund, F., Geschichte der physikalischen Begriffe. Teil 2, a.a.O.; Preuß, H., Die Methoden der Molekülphysik und ihre Anwendungsbereiche. Sonderband 1 Fortschritte der Physik. Berlin: Akademie-Verlag 1959.

auch eine Reihe neu entwickelter Programmversionen Anwendung zur Berechnung einer Vielzahl von Verbindungsklassen und Eigenschaften. Neben ständig vervollkommenen Berechnungsverfahren wurden neue theoretische Modelle und Ansätze entwickelt, zum Teil unter Rückbesinnung auf grundlegende Betrachtungen in der ersten Periode.

Theoretische Untersuchungen biochemisch interessanter Verbindungen und biologischer Prozesse erlangten in den letzten Jahrzehnten zunehmende Bedeutung, die Zahl der Publikationen und die Anzahl der Publikationsorgane über Quantenbiochemie und -biologie sowie der Institute, die sich vorwiegend mit dieser Problematik beschäftigen, ist merklich angestiegen. Obwohl es im Prinzip keinen Unterschied in der Untersuchungsmethodik gegenüber anderen größeren molekularen Systemen gibt, sind für Berechnungen dieser Verbindungen streng quantentheoretische Ansätze im allgemeinen nicht praktikabel. Die Entwicklung der Quantenbiologie wurde besonders von Per-Olov Löwdin und seiner Schule⁵⁷ sowie von Bernhard und Alberte Pulman⁵⁸ gefördert.

4. *Einschätzung des gegenwärtigen Standes und der Perspektiven der Quantenchemie*

Die Quantenchemie ermöglicht grundsätzlich die Beschreibung von Struktur und Eigenschaften chemischer Systeme. Da aber eine exakte mathematische Behandlung des dabei zu lösenden Mehrteilchenproblems nicht möglich ist, sind Näherungsansätze erforderlich, die wie oben gezeigt wurde, von wesentlicher Bedeutung für die Weiterentwicklung ihres Rüstzeugs und dessen Anwendung in der Chemie sind. Neben der fortschreitenden Mathematisierung und der ständig steigenden Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Rechentechnik war die Aufstellung verbesserter physikalischer Modelle, die elementare Zusammenhänge formulieren und erklären, hierfür eine wichtige Voraussetzung. Das wie-

57 Löwdin, P.-O., Study Week on Molecular Forces. Amsterdam: North Holland 1967, S. 637; Ladik, J., Quantenbiochemie für Chemiker und Biologen, Budapest: Akademiai Kiado 1972.

58 Pullman, B. / Pullman, A., Quantum Biochemistry. New York: Wiley 1963. Die Untersuchungen dieser Autoren konzentrieren sich auf die Quantenbiochemie und den Einsatz quantenchemisch berechneter oder experimentell ermittelter Reaktivitätsindizes für die Struktur-Wirkungsanalyse, der zum Beispiel bei der Entwicklung von Pharmaka große Bedeutung zukommt, da sie zur Rationalisierung der Forschung durch Einsparung von Experimenten beitragen kann. Ein Beispiel hierfür ist die K-L-Theorie der Kanzerogenität. Allerdings haben sich die Hoffnungen auf eine Anwendung der Ergebnisse quantenbiochemischer Untersuchungen in der medizinischen Krebsbehandlung wegen der Vielfalt der Ursachen dieser Erkrankung bisher nicht erfüllt.

derum stellte ganz allgemein erhöhte Anforderungen hinsichtlich des Entwicklungsstandes der Theorie und der zu ihrer Bestätigung erforderlichen Experimente. Ungeachtet dieser Fortschritte⁵⁹ genügt auch gegenwärtig in vielen Fällen die Aussagekraft der bisher vorliegenden Konzeptionen und Modelle besonders für größere Systeme noch nicht den Anforderungen der Chemiker. Nach wie vor kommt neben der Vervollkommnung der Rechentechnik dem Einsatz geeigneter Näherungsverfahren und insbesondere der richtigen Auswahl der zu berücksichtigenden Parameter und der Effektivität weiterer vereinfachender Annahmen große Bedeutung zu. Für wichtige Teilgebiete der Chemie existiert zur Zeit noch keine geschlossene Theorie, zum Beispiel für die Adsorption und die Katalyse⁶⁰, die Biochemie und verschiedene Zweige der anorganischen Chemie. Die Arbeiten zur Lösung dieser Probleme müssen zwangsläufig interdisziplinären Charakter tragen. Wie auch in anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen gewinnt die Theorie immer stärker an Bedeutung für die Chemie. Die bis in die 60er Jahre des 20. Jahrhunderts vertretene überspitzte Auffassung, dass die weitere Entwicklung der theoretischen Chemie und insbesondere der Quantenchemie große Teile der Experimentalchemie überflüssig mache⁶¹, hat sich allerdings nicht bewahrt. Mittlerweile hat sich eine realistische Einschätzung der Leistungsfähigkeit quantenchemischer Untersuchungen in Wechselbeziehung zum Experiment durchgesetzt. Demnach ist die theoretische Chemie nicht in erster Linie für die Lieferung von Daten verantwortlich, sondern für deren Interpretation. Somit besteht ihre wesentliche Zielstellung in der Ergänzung und nicht in der Verdrängung von Meßmethoden. Quantenchemische Berechnungen zur Reproduktion genauer Messwerte sind nur dann sinnvoll und unumgänglich, wenn entsprechende experimentelle Angaben überhaupt nicht oder kaum zugänglich sind. Im Gegensatz zu den älteren mehr phänomenologischen Theorien der Chemie⁶², die nur begrenzt Voraussagen ermöglichen, ist eine deduktive Theorie wie die Quantenchemie, die von wohl definierten Voraussetzungen ausgeht, dazu im Prinzip fähig. Obwohl die Physik für letztere wesentliche Grundlagen geschaffen hat, insbesondere mit der Quantenmechanik, der statistischen Physik und der Thermodynamik, ist in der Endkonsequenz eine befriedigende theoretische Fundierung der Chemie auf rein physikalischer Grundlage ohne spezifisch chemische Konzeptionen wie Struktur, chemische Reaktivität und ähnliches nicht möglich. Auch in Zukunft werden in verschiedenen Bereichen der Chemie

59 siehe Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium. Zeitschrift der GDCh., a.a.O.

60 Sauer, J., *Molecular Models in ab Initio Studies of Solids and Surfaces: From Ionic Crystals and Semiconductors to Catalysts*. – In: *Chemical Reviews*. 89(1989), S. 199 – 255.

61 Mulliken, R. S., *Spektroskopie, Molekül-Orbitale und chemische Bindung*, a.a.O.

62 *ABC Geschichte der Chemie*. Hrsg. v. Siegfried Engels u. Rüdiger Stolz, a.a.O.

theoretische Ansätze unterschiedlichen Vertiefungsgrades Anwendung finden wie bei der Untersuchung physikalisch-chemischer Eigenschaften einfacher Moleküle und ihrer Reaktionen einerseits und der molekularen Vorgänge in Lösungen, an Festkörpergrenzflächen und bei der Katalyse andererseits. In letzterem Falle ist vermutlich in absehbarer Zeit nicht mit der Herausbildung einer einheitlichen Theorie zu rechnen. Die Zielstellung der quantenchemischen Forschung besteht auch weiterhin zum einen in der Entwicklung neuer bzw. der Vervollkommnung bereits vorhandener Methoden und zum anderen in der theoretischen Fundierung der Chemie, wobei ihre Effektivität von einem ausgewogenen Verhältnis dieser beiden Zielstellungen abhängt.⁶³ Die mehr methodisch orientierten Untersuchungen werden in bewährter Weise auch künftig in interdisziplinär aus Chemikern, Physikern und Mathematikern sowie vereinzelt auch Biologen zusammen-gesetzten Arbeitsgruppen mit zehn bis zwanzig Mitarbeitern an Hochschulen, die gleichzeitig in der Lehre auf dem Gebiet der theoretischen Chemie tätig sind, und an anderen Forschungseinrichtungen durchgeführt, wobei auch kleinere Gruppen sinnvoll sein können, besonders bei enger Zusammenarbeit mit Experimentatoren aus anderen Arbeitsgruppen. Es ist in vielen Fällen durchaus sinnvoll, dass Quantenchemiker in hauptsächlich aus Experimentatoren bestehenden Gruppen mitarbeiten, da dann die erfahrungsgemäß oft schwierige Verständigung zu Fragen der theoretischen Fundierung und Interpretation erleichtert und so das Funktionieren der Transformationskette zwischen abstrakter Theorie und Experiment am besten gesichert ist, zumal in der Chemie generell keine starre Trennung zwischen theoretischer und experimenteller Arbeit möglich ist. Im Interesse einer rationellen Arbeitsteilung ist aber auch in Zukunft der Einsatz speziell ausgebildeter Quantenchemiker erforderlich, da nur auf diese Weise neue theoretische Ansätze erarbeitet und erprobt werden können. Ungeachtet ihres interdisziplinären Charakters auf Grund der Stellung zwischen Chemie und Physik und ihrer stetigen Vervollkommnung hinsichtlich Methodik und Anwendung dank fortschreitender Mathematisierung bleibt die Quantenchemie auch künftig ein unentbehrlicher Bestandteil ihrer Mutterdisziplin Chemie, auf deren Grundlagen sie sich vorrangig entwickelt hat und zu der sie schon heute wesentliche und unverzichtbare Beiträge leistet.

63 Gey, E., Der Zusammenhang von interdisziplinären Forschungssituationen und Kooperationsverhalten bei der Bildung und Entwicklung neuer Spezialgebiete, dargestellt am Beispiel der Quantenchemie, a.a.O.

Integration und Segregation: Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg zwischen interdisziplinärem Verbund und Ensemble disziplinärer Institute

Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft stellte bei ihrer Gründung in vielerlei Hinsicht durchaus selbst eine institutionelle Innovation dar, doch waren ihre ersten Institute weitgehend traditionell disziplinär ausgerichtet, auch wenn häufig in ihnen mehrere Teildisziplinen vertreten waren, wie beispielsweise im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie oder im Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie.

Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung wurde 1929 begründet und bereits im Mai 1930 anlässlich der 18. Hauptversammlung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften mit einem Institutsneubau eingeweiht; es stand unter der Leitung des Heidelberger Internisten Ludolf von Krehl (1861-1937), auf dessen Initiativen und Vorarbeiten seit Mitte der 1920er Jahre es maßgeblich zurückgeht. Überlegungen zu einem solchen Institut reichten bereits in die Gründungszeit der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zurück, konnten aber zunächst nicht realisiert werden;¹ dennoch war der Aspekt der Beziehungen der naturwissenschaftlichen Forschung zur Medizin stets präsent – Generaldirektor der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Friedrich Glum (1891-1974) verwies in diesem Zusammenhang unter anderen auf das bereits 1912 ge-

1 Glum, F., Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und die medizinische Wissenschaft. Die Medizinische Welt (1930)14, S. 1 – 6; Bothe, W. / Kuhn, R., Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg. – In: Aus der Arbeit des Stifterverbandes der Deutschen Forschungsgemeinschaft – Zur 20. Wiederkehr des Gründungstages des Stifterverbandes am 14. Dezember 1940, S. 62 – 64; Kuhn, R., 25 Jahre Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg. – In: Mitteilungen aus der Max-Planck-Gesellschaft (1955)2, S. 69 – 99; Staab, H. A., 50 Jahre Kaiser-Wilhelm/Max-Planck-Institut für medizinische Forschung. MPG-Spiegel (1981)2, S. 35 – 49; Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft. Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft. Hrsg. von Rudolf Vierhaus u. Bernhard vom Brocke. Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt 1990, insbes. S. 105 – 108 und 306 – 314; States, D. M., A History of the Max Planck Institute for Medical Research: 1929-1990. [<http://sunO.mpimf-heidelberg.mpg.de/History/index.html>] (Ausdruck Mai 2001).

gründete Kaiser-Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie oder auf die Forschungen Otto Warburgs (1883-1970) am Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie zur physikalischen Chemie der Lebensvorgänge. Ludolf von Krehls Hauptarbeitsgebiet war die Kreislauf- und Wärmeregulation des menschlichen Körpers und dazu strebte er eine enge Zusammenarbeit mit anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen an. Das war ein für die damalige Zeit durchaus noch unkonventionelles Konzept, aber gerade die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, die ja in ihrer Gründungszeit selbst eine institutionelle Innovation darstellte, schien für die Umsetzung eines solchen Ansatzes auch geeignet. In diesem Zusammenhang betonte Krehl bei der Institutseröffnung:

„[...] Wie in einem wundervollen Vortrage des Präsidenten, Exzellenz von Harnack, dargelegt ist, den er 1917 im Deutschen Museum zu München hielt, gehört zur Wissenschaft alles, was auf die Erkennung eines Vorgangs der Außen- oder Innenwelt mit reinem Herzen gerichtet ist. Gewiß hat auch die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Institute für die sogen. reine Wissenschaft, z. B. für Physik, Chemie, Vererbungswissenschaft [...], aber sie knüpfte von Anfang an die Beziehungen zu den Aufgaben des praktischen Lebens des Menschen [...]. Im letzten Jahr hat nun die Erforschung der Heilkunde im weitesten Sinne des Wortes durch die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft einen großen Schritt vorwärts getan. In Heidelberg wurde ein Forschungsinstitut erbaut, das direkt und indirekt der Erforschung der normalen und pathologischen Vorgänge am Menschen dienen soll. [...]

Ein Forschungsinstitut, das die Erscheinungen des gesunden und kranken Menschen aufzuklären helfen soll, muß also ebenso wie eine breite und tiefe Grundlage einen weiten Aufbau haben. [...]“²

Dennoch entsprang die Gründung dieses Instituts keineswegs einer langfristigen Forschungsstrategie der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Es verdankte seine Existenz nicht zuletzt dem dringenden Wunsch des damaligen Reichsfinanzministers Heinrich Köhler, etwas für seine badische Heimat zu tun. Dabei ist es der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft jedoch durchaus als Verdienst anzurechnen, wenigstens im Nachhinein – und das gilt auch für andere Institutsgründungen bzw. –übernahmen – überzeugende Konzeptionen für solche Institute entwickelt und durch die Auswahl entsprechender Direktoren umgesetzt zu haben – im vorliegenden Fall gab es – wie gesagt – bereits konkrete Überlegungen von Ludolf von Krehl.

2 Krehl, L. v., Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft und das Forschungsinstitut. – In: Sonderbeilage des „Heidelberger Tageblatt“ zu der Einweihung des Kaiser Wilhelm-Instituts in Heidelberg vom 26.Mai 1930.

Gemäß diesem Anliegen wurden im Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung vier Fachrichtungen in selbständigen Teilinstituten – heute würde man sagen: Abteilungen – gleichberechtigt vereinigt: Physik, Chemie, Pathologie und Physiologie; außerdem wurde noch das bereits bestehende Institut für Serologie unter Hans Sachs (1877-1945) assoziiert, das jedoch baulich separat im Universitätsverband blieb.³ Nach Ludolf von Krehls ursprünglichen Vorstellungen gehörte auch eine Krankenstation zum Konzept, ebenso Anatomie und Psychologie, doch Kostengründe zwangen zur Beschränkung.⁴ Die interdisziplinär angelegten Leitfragen für das Institut konzentrierten sich auf den Stoffwechsel von Zellen und den Einfluß von Faktoren, die von außen die Zelle beeinflussen können; auf die Abteilungen bzw. Teilinstitute umgesetzt wurden sie seitens der Chemie beispielsweise in der Vitaminforschung, die einen Schwerpunkt in der Forschung des ersten Abteilungsdirektors bildete, seitens der Physik in Ultravioletten-Licht-Licht-Untersuchungen und seitens der Physiologie durch spezielle Fragen der Nährstoffforschung.

Das neue Institutsgebäude war am Neckarufer auf einem von der Stadt Heidelberg zur Verfügung gestellten Gelände von dem Architekten Hans Freese (1889-1953) in Form eines „H“ errichtet worden: die vier Flügel beherbergten die vier Institute und im Mittelbau waren Verwaltung und Bibliothek untergebracht – woraus sich ein günstiger Treffpunkt für alle Mitarbeiter ergab. Der Flügel des Physikinstituts – auf dem der Schwerpunkt meiner Ausführungen liegen wird – befand sich an der Flußseite neckaraufwärts.⁵

Die Institutsdirektoren waren im Frühjahr 1929 berufen und zugleich zu wissenschaftlichen Mitgliedern der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft ernannt worden. Krehl wurde zum Direktor des Teilinstituts für Pathologie und zugleich zum Direktor des Gesamtinstituts berufen. Ludolf von Krehl hatte nach Stationen in Jena (1892), Marburg (1899), Greifswald (1900), Göttingen (1902) und Straßburg (1904) 1906 die Leitung des Heidelberger Universitätsklinikums übernommen. Ludolf von Krehl war für neue Betrachtungsweisen der klinischen Probleme sehr aufgeschlossen und ermunterte seine jungen Ärzte, auch neueste Entwicklungen der Naturwissenschaften aufzugreifen. Entsprechend beschäftigte er in der Klinik bereits vor dem 1. Weltkrieg einige naturwissenschaftlich orientierte

3 Hans Sachs wurde im Oktober 1935 auf Grund der faschistischen Nürnberger Rassegesetze in den Ruhestand versetzt und emigrierte 1938; das Institut hörte damit faktisch auf zu bestehen.

4 Vgl. 25 Jahre Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Bd.1 Handbuch. Berlin, Verlag Reimar Hobbing 1936, S. 119 – 121. – Eine Krankenstation kam Mitte der 1930er Jahre hinzu [vgl. Bohnenkamp: Ludolf von Krehl †. Klinische Wochenschrift (1937)36, S. 1262 – 1263].

5 Der Baumeister 29(1931)8, S. 301 – 312.

Assistenten, darunter Otto Warburg (1883-1970), Julian Huxley (1887-1975) und Otto Meyerhof (1884-1951).

Otto Meyerhof wurde zum Direktor des Teilinstituts für Physiologie berufen. Er war ein Schüler von Ludolf von Krehl und von Otto Warburg und seit 1924 am Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem tätig. 1923 hatte er den Nobelpreis für Medizin für das Jahr 1922 erhalten (gemeinsam mit dem Briten Archibald Vivian Hill (1886-1977)) für seine Arbeiten über die bei der Muskelarbeit gebildete Milchsäure und deren Abbau. In Heidelberg leistete er wichtige Beiträge zur Aufklärung des Mechanismus der Glykolyse. Sein Teilinstitut wurde zu einem bedeutenden Zentrum biochemischer Forschung jener Zeit. Nicht zuletzt arbeiteten hier für einige Zeit die künftigen Nobelpreisträger Fritz Lipmann (1899-1986; Nobelpreis für Medizin 1953), Severo Ochoa (1905-1993; Nobelpreis für Medizin 1959), André Lwoff (1902-1994; Nobelpreis für Medizin 1965) und George Wald (1906-1997; Nobelpreis für Medizin 1967). Otto Meyerhof, aus einem deutsch-jüdischen Elternhaus stammend, wurde 1938 auf Grund der nationalsozialistischen Nürnberger Rassegesetze entlassen und emigrierte über Frankreich in die USA. – Otto Meyerhofs Stelle wurde nicht wiederbesetzt, sein Institut de facto aufgelöst,⁶ pro forma aber als Institut für Biologie weitergeführt und von Richard Kuhn mitverwaltet; es wurden jetzt aktuelle Ernährungsprobleme bearbeitet.⁷ Ein weiteres Beispiel für einen Verlust in der deutschen Wissenschaft unter dem NS-Regime.

Richard Kuhn (1910-1967) war ein Schüler Richard Willstätters (1872-1942; Nobelpreis 1915) und zuvor als Ordinarius an der ETH Zürich tätig. Mit seiner Berufung an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung wurde Richard Kuhn auch Honorarprofessor an der Heidelberger Universität. Richard Kuhns Forschungsschwerpunkt am Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung war die Naturstoffchemie, während der Kriegszeit arbeitete er auch an chemischen Kampfstoffen.⁸ 1939 erhielt er den Chemie-Nobelpreis des Jahres 1938 für seine Forschungen über Carotinoide und Vitamine, den er unter nationalsozialistischen Bedingungen nicht annehmen durfte.⁹ – Wegen schwerer Krankheit Ludolf von Krehls wurde Richard Kuhn 1934 zum kommissarischen

6 Vgl. Staab, H. A., a.a.O.

7 Vgl. Tätigkeitsbericht der KWG für 1939/40. – In: Die Naturwissenschaften 28(1940)49, S. 755.

8 Vgl. Schmaltz, F., Kampfstoff-Forschung im Nationalsozialismus. Göttingen, Wallstein 2005. S. 366; Schmaltz, F., Peter Adolf Thiessen und Richard Kuhn und die Chemiewaffenforschung im NS-Regime. – In Gemeinschaftsforschung, Bevollmächtigte und der Wissenstransfer. Die Rolle der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im System kriegsrelevanter Forschung des Nationalsozialismus. Hrsg. v. H. Maier. Göttingen: Wallstein 2007. S. 332.

Direktor des Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung Heidelberg ernannt. Das ursprünglich geplante kollegiale Rotationsprinzip in der Funktion des geschäftsführenden Direktors – heute in der Max-Planck-Gesellschaft ein üblicherweise praktiziertes Prinzip – wurde nach Ludolf von Krehls Tod aufgegeben und Richard Kuhn im Januar 1938 mit Zustimmung des Senats der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zum Gesamtdirektor des Kaiser-Wilhelm-Institut für medizinische Forschung ernannt – sehr zum Mißfallen des anderen Teildirektors Walter Bothe (dazu später noch eine Bemerkung). Richard Kuhn leitete auch als jeweils stellvertretender Direktor die Teilinstitute für Biologie und Pathologie (da keine neuen Direktoren berufen wurden) – letzteres wurde während des Krieges praktisch als Lazarett genutzt.

1936 war von Gerhard Schrader (1903-1990) im IG-Farben-Konzert das Nervengas Tabun entdeckt worden und etwas später synthetisierte er das noch stärkere Nervengift Sarin. Es ist inzwischen gut belegt, daß Richard Kuhn sich bereits vor Kriegsbeginn im Auftrage des Heereswaffenamtes der Erforschung dieser und anderer Nervengase zuwandte.¹⁰ Unter anderen ging es um die Frage, welche therapeutischen Wirkungen Vitamine bei der Verletzung durch Gaskampfstoffe haben können. Und die Methoden der Vitaminforschung halfen unter anderen, die biochemischen Wirkungsmechanismen von Tabun und Sarin aufzuklären.¹¹ Schließlich synthetisierte Richard Kuhn 1944 mit Mitarbeitern Soman, eines der gefährlichsten Nervengase überhaupt. Man kann also diese Kampfstoff-Forschungen durchaus nicht nur unter dem Stichwort defensive Forschungen verbuchen.

Auf das Teilinstitut für Physik und seine Rolle im Rahmen des Gesamtinstitutes sei nachfolgend etwas ausführlicher eingegangen.

Karl Wilhelm Hausser, Leiter des Physikalisch-medizinischen Labors bei Siemens in Berlin, entsprach genau Ludolf von Krehls Vorstellungen für die Physik an seinem Institut und war seine erste Wahl für dieses Teilinstitut gewesen.¹² Karl Wilhelm Hausser hatte 1913 bei Philipp Lenard in Heidelberg mit einer

9 Hintergrund für die Ablehnung der Nobelpreisannahme war, dass Carl von Ossietzky (1889-1938) 1936 den Friedens-Nobelpreis für das Jahr 1935 zugesprochen bekommen hatte. Dies war den Nationalsozialisten bekanntlich Anlaß zu einer üblen Hetzkampagne gegen den Nobelpreis generell und gipfelte Anfang 1937 in einem Verbot für deutsche Staatsbürger, den Nobelpreis anzunehmen. Richard Kuhn erhielt den Preis 1949 nachgereicht, doch satzungsgemäß nur Urkunde und Medaille, nicht das Preisgeld. - Zu weiteren Details vgl. unter anderen Neubauer, A., *Bittere Nobelpreise*. Norderstedt 2005. S. 39 – 51.

10 Vgl. Schmaltz, F., *Kampfstoff-Forschung*, a.a.O.

11 Vgl. Schmaltz, F., *Kampfstoff-Forschung*, a.a.O., S. 595.

12 Vgl. States, D. M., a.a.O.

photometrischen Arbeit promoviert – an dem von Philipp Lenard 1909 begründeten Radiologischen Institut. Nach kurzer Assistenzzeit in Danzig ging er zu Telefunken in Berlin; nach dem 1. Weltkrieg wechselte er zu Siemens & Halske in Berlin, wo er Leiter des Physikalisch-Medizinischen Laboratoriums im Wernerwerk wurde. Bald galt sein besonderes Interesse den durch ultraviolettes Licht hervorgerufenen biologischen Effekten, insbesondere auch auf die menschliche Haut. Damit schuf er die Grundlagen der Lichttherapie. Des Weiteren engagierte sich Karl Wilhelm Hausser am Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung mit seinen Assistenten bei Forschungen Richards Kuhns zur physikalisch-chemischen Analyse von Pflanzenpigmenten und ihren synthetischen Varianten. Mit seiner Berufung an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung 1929 nach Heidelberg wurde Karl Wilhelm Hausser an der Heidelberger Universität auch Professor für naturwissenschaftliche Mathematik. Ab Ende 1932 schränkte eine Krebserkrankung seine Arbeitsfähigkeit erheblich ein und er starb am 4. Juni 1933.¹³

Über die Tätigkeit dieser ersten Institutsjahre gibt der Tätigkeitsbericht von 1933 beste Auskunft:

„Das Institut für Physik hat gemeinsam mit dem Institut für Chemie die Untersuchungen über Lichtabsorption und Fluoreszenz biologisch wichtiger Verbindungen fortgeführt und durch Messungen der Raman-Spektren ergänzt. In methodischer Hinsicht wurden insbesondere Verfahren zur Messung kleinster Lichtintensitäten, zur Erzeugung kurzer elektrischer Wellen und zur Messung von Dielektrizitätskonstanten ausgearbeitet. Messungen der magnetischen Suszeptibilität haben zu Einblicken in das Wesen organischer Radikale und der für die Atmungsvorgänge wichtigen Hämverbindungen geführt.“¹⁴

Karl Wilhelm Hausser war seit 1919 mit der Physikerin Isolde Ganswindt verheiratet – er hatte sie bei Telefunken kennengelernt.¹⁵ Sie hatte an der Berliner Universität studiert und ihre Dissertationsschrift „Erzeugung und Empfang kurzer elektrischer Wellen“ bei Friedrich Franz Martens (1873-1939) im Physikali-

13 Ramsauer, C., Zum Gedächtnis an K. W. Hauser. – In: Zeitschrift für Technische Physik 15(1934)1, S. 4 – 9.

14 Tätigkeitsbericht der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (April 1932 bis Ende März 1933). – In: Die Naturwissenschaften 21(1933)21/23, S. 417 – 455 (hier S.425).

15 Zu Isolde Hausser vgl. u.a. Fuchs, M., Isolde Hausser – Technische Physikerin und Wissenschaftlerin am Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für medizinische Forschung, Heidelberg. – In: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte. 17(1994), S. 201 –215; Vogt, A., Wissenschaftlerinnen in Kaiser-Wilhelm-Instituten A – Z. (Veröffentlichungen aus dem Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft 12), Berlin 1999. S. 50 – 52.

schen Labor an der Handelshochschule Berlin angefertigt und promovierte damit 1914 erfolgreich. Anschließend begann sie bei Telefunken, wo sie an der Entwicklung von Verstärkerröhren arbeitete. Ihre Assistentenstelle am Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung war im Rahmen des Physikinstituts relativ selbständig; sie leitete die elektrische Abteilung und befaßte sich mit der Erzeugung von Zentimeterwellen mit Elektronenröhren.

Offenbar fühlten sich Ludolf von Krehl und auch Richard Kuhn Haussers Witwe verpflichtet, nicht zuletzt, weil sie die angefangene Zusammenarbeit im Sinne der Institutsgründung weiterführen wollte (so setzte sie unter anderen die UV-Arbeiten Karl Wilhelm Haussers fort). Nach einigen offenbar unerfreulichen Auseinandersetzungen mit Haussers Nachfolger Walter Bothe erhielt sie insbesondere durch Ludolf von Krehls Unterstützung deshalb eine eigenständige Abteilung innerhalb des Instituts für Physik.¹⁶ Außerdem regte Ludolf von Krehl 1937 ihre Wahl zum wissenschaftlichen Mitglied der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft an, was auch Richard Kuhn unterstützte, so daß ihre Wahl – gegen das Votum von Walter Bothe – im Mai 1938 erfolgte.¹⁷ Ihre Position als selbständige Abteilungsleiterin wurde dadurch gestärkt und die Abteilung wurde nun nicht mehr als dem Institut für Physik zugehörig geführt, sondern als selbständige Abteilung innerhalb des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Medizinische Forschung. An der Bezeichnung „Abteilung für biologische Physik“ nahm Walter Bothe jedoch Anstoß, denn er wollte nicht den Eindruck entstehen lassen, daß er sich nicht an der Institutszusammenarbeit beteilige, und so wurde sie als „Abteilung Dr. Isolde Hausser“ geführt (mit etwa zwei bis drei wissenschaftlichen Mitarbeitern).¹⁸ – Weiter soll auf diese Abteilung hier nicht eingegangen werden.¹⁹

16 Vgl. Archiv der Max-Planck-Gesellschaft (im Folgenden: MPA) II / 1A / PA Hausser, I. – Auch: MPA III / 06 / 124,4.

17 Vor Isolde Hausser gab es nur zwei weibliche Mitglieder der KWG: die Physikerin Lise Meitner (1878-1968), die 1938 emigrieren mußte, und die Neurophysiologin Cécile Vogt (1875-1962), die mit Ihrem Mann Oskar Vogt (1870-1959) bereits 1937 aus politischen Gründen entlassen worden war; damit waren beide Forscherinnen aktuell nicht mehr Mitglied (letztere wurde allerdings noch als auswärtiges wissenschaftliches Mitglied geführt).

18 Vgl. u.a. Telschow an Krehl am 19.10.1935 zwecks Neufassung des Vertrages mit I.Hausser [MPA I / 29 / 118 (unpaginiert)].

19 Ein späteres Problem mit der Abteilung Hausser bestand für Bothe auch darin, daß die dortigen Hochfrequenzarbeiten manchmal Messungen am Physikinstitut beeinträchtigten. So schrieb Bothe 1950 in einem Brief an Regener bezüglich der Wiederaufnahme des Institutsbetriebes: „[...] Wichtig ist mir dagegen, dass die Abt. Hausser endgültig in dem von Kuhn mitbenutzten Physiologieflügel bleiben, also nicht wieder in den Physikflügel zurückverlegt werden soll, so dass wir den Alldruck der Hochfrequenzstörungen los sind, [...]“ [MPA III / 06 / 32 (unpaginiert), Brief vom 28.3.1950].

Das Kuratorium des Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung hatte per 1. Juni 1933 die Geschäftsführung des Physikinstituts vertretungsweise an Richard Kuhn übertragen.²⁰ Für die Nachfolge von Karl Wilhelm Hausser wurden dem Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft die folgenden Kandidaten benannt: zunächst Robert Wiechart Pohl (1884-1976) von der Universität Göttingen und der Lenard-Schüler Carl Ramsauer (1879-1955) vom AEG-Forschungsinstitut in Berlin, von denen man jedoch befürchtete, daß sie nicht zu gewinnen seien, dann die Lenard-Schüler Walther Kossel (1888-1956) von der Technischen Hochschule Danzig und Rudolf Tomaschek (1895-1966) von der Universität Marburg, die man vermutlich gewinnen könnte. Außerdem wurde mit gewissem Abstand noch Ferdinand Trendelenburg (1896-1973) von der Firma Siemens in Berlin erwähnt. Schließlich wurde angefügt, daß ein Übergang Walter Bothes vom Heidelberger Universitätsinstitut zum Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung als möglich erscheine.²¹ Man ersieht aus dieser Liste, daß zum einen an Nachfolger gedacht wurde, die Karl Wilhelm Haussers Linie in etwa fortzusetzen versprochen, und zum anderen vor allem an Schüler Lenards.

Noch weitere Namen wurden ins Gespräch gebracht. Präsident der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Max Planck scheint jedoch von Anfang an Walter Bothe im Visier gehabt zu haben. Welche Überzeugungsarbeit er gegenüber Ludolf von Krehl und Richard Kuhn leisten mußte, ist nicht bekannt. Jedenfalls schreibt Ludolf von Krehl am 4. Juli 1933:

„[...] ich war gestern in unser dreier Namen bei Professor Bothe und habe vorsichtig mit ihm gesprochen. Ich hatte den Eindruck, daß er sich sehr darüber freute, daß wir ihn in Betracht ziehen. Eine glatte Ablehnung gab er keinesfalls. Es sei vieles da, das ihn reizen würde. Andererseits scheint ihn der Unterricht doch auch sehr zu fesseln und die Verbindung, die man dadurch mit den Studierenden hat. Ferner schien er in diesen politisch erregten sowie in mancher Hinsicht problematischen Zeiten für die gegenwärtig herrschenden Anschauungen die mit Lehre verbundenen Institute eher für sicherer zu halten als die reinen Forschungsinstitute.“²²

Sehr begeistert klingt das nicht, was Walter Bothes Reaktion betrifft. Und Ende August teilte Krehl denn auch mit:

20 Brief von KWG-Präsident M. Planck an R. Kuhn vom 14.6.1933. [MPA I / 29 / 113 (unpaginiert)].

21 Brief an Max Planck vom 20.6.1933; Verfasser vermutlich Ludolf von Krehl und Richard Kuhn. [MPA I / 29 / 117 (unpaginiert)]

22 Krehl an Max Planck am 4.7.1933. [MPA II / 1A / PA K.W.Hausser, Nr.4 (unpaginiert)].

„Prof. Bothe schrieb mir, daß er nicht zu uns kommen wird. Ich denke, daß der Herr Präsident nun wohl Prof. Tomazek [gemeint ist Tomaschek – H.K.] in Marburg oder auch Herrn Kossel fragen wird. [...]“²³

Doch Mitte Oktober 1933 schrieb dann Richard Kuhn (auch im Namen von Ludolf von Krehl und Otto Meyerhof):

„[...] Meine persönliche Ansicht ist folgende: ich glaube, dass es für unser physikalisches Institut in jeder Hinsicht am besten wäre, wenn Herr Prof. W. Bothe die Nachfolge unseres Herrn Prof. Hausser übernehmen könnte, und ich habe den Eindruck, dass diese Möglichkeit trotz der Verhandlungen, die Herr W. Bothe mit Göttingen führt, nicht ausgeschlossen ist. [...]“²⁴

Und am Ende des Schreibens vermerkt er, daß das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung dem Vorsitzenden der Chemisch-Physikalisch-Technischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Otto Hahn ein Votum in folgender Reihenfolge vorgeschlagen habe: Walter Bothe (Heidelberg), H. Kulenkampff (München) und R. Tomaschek (Marburg). Bereits auf der Sitzung des Verwaltungsausschusses am 18.10.1933 läßt sich Max Planck diese Vorschlagsliste bestätigen und im Protokoll wird dazu vermerkt:

„[...] Bothe sei ein weltbekannter Forscher auf dem Gebiet der Elektronenforschung. Die beiden anderen Herren stünden nach ihrer wissenschaftlichen Bedeutung erst an zweiter Stelle. [...]“²⁵

Was letztlich den Ausschlag für Walter Bothe gab, geht aus den Akten nicht eindeutig hervor. Im Sinne des Gesamtkonzeptes des Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung brachte er zunächst eigentlich gar nicht so gute Voraussetzungen für diesen Posten mit. Vermutet wird, dass Max Planck seinem ehemaligen Schüler, der bei ihm 1914 promoviert und 1925 habilitiert hatte und sich inzwischen zu einem begabten und erfolgreichen Forscher auf dem Gebiet der Radioaktivität entwickelt hatte, für die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gewinnen wollte. Denn Max Planck dürfte erkannt haben, daß mit dem Jahr 1932, dem *annus mirabilis* der Kernphysik, wie es manchmal bezeichnet wird, die Kernphysik zu einem sich stürmisch entwickelnden und vielversprechenden Teilgebiet der Physik geworden war – bestätigt nicht zuletzt durch die 7. Solvay-Konferenz im Jahre 1933 zum Thema „Struktur und Eigenschaften der Atomkerne“, an der aus

23 Krehl an Glum am 31.8.1933. [MPA II / 1A / PA K.W.Hausser, Nr.4 (unpaginiert)].

24 Richard Kuhn an Max Planck am 14.10.1933. [MPA II / 1A / PA K.W.Hausser, Nr. 4 (unpaginiert)].

25 Auszug aus der Niederschrift über die Sitzung des Verwaltungsausschusses vom 18.10.1933. MPA II / 01A / PA Bothe, Nr. 1, Bl. 4]. – Otto Hahn bestätigte diese Vorschlagsliste und vermerkte, daß sie einstimmig auch von den Sektionsmitgliedern K. F. Bonhoeffer, M. v. Laue und L. Meitner gebilligt werde [MPA II / 01A / PA Bothe, Nr. 1, Bl. 6].

Deutschland Walter Bothe, Peter Debye, Werner Heisenberg, Lise Meitner und Erwin Schrödinger teilgenommen hatten – und er wird ein Interesse daran gehabt haben, der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hier den Anschluß zu sichern (auch auf Kosten veränderter Forschungsprioritäten für die Physik im Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung). Zwar gab es in Berlin das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie mit der radiochemischen Abteilung unter Otto Hahn (1879-1968) und der radiophysikalischen unter Lise Meitner (1878-1968) – und diese beiden Abteilungen hatten sich inzwischen zu den Hauptabteilungen dieses Instituts entwickelt, das seit 1928 unter der Leitung von Otto Hahn stand²⁶ –, aber es fehlte eben noch immer ein experimentell orientiertes Physikinstitut.²⁷ So wird Max Planck die Chance genutzt haben.²⁸ Jedenfalls teilte Max Planck nun am

- 26 Zur Entwicklung der Abteilungen Hahn und Meitner im KWI Chemie vgl. Kant, H., Vom KWI für Chemie zum KWI für Radioaktivität: Die Abteilung(en) Hahn/Meitner am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie. – In: Dahlemer Archivgespräche Heft 8, Berlin 2002, S. 57 – 92; Kant, H., Forschungen über Radioaktivität am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie – Die Abteilung(en) Hahn/Meitner und ihre internationalen Kontakte. – In: Aus Wissenschaftsgeschichte und –theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag überreicht von Freunden, Kollegen und Schülern. Hrsg. von Horst Kant u. Annette Vogt. Berlin, Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel 2005. S. 289 – 320.
- 27 Das KWI für Physik wurde 1917 mit Albert Einstein (1879-1955) als Direktor gegründet, war jedoch ohne Gebäude und sah seine Aufgabe zunächst nur in der Verteilung von Finanzmitteln zur Unterstützung von Projekten anderer Institutionen; ab Mitte der 1920er Jahre verlor es an Wirksamkeit. Bestrebungen, das Institut mit zugehörigen Laboratorien neu zu begründen, zogen sich bis Mitte der 1930er Jahre hin; 1937 konnte es unter seinem neuen Direktor Peter Debye (1884-1966) in Berlin-Dahlem die Arbeit aufnehmen und war nun ebenfalls schwerpunktmäßig auf kernphysikalische Forschung ausgerichtet. – Vgl. dazu u.a. Kant, H., Albert Einstein, Max von Laue, Peter Debye und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin (1917-1939). – In: Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute; Studien zu ihrer Geschichte: Das Harnack-Prinzip. Hrsg. von Bernhard vom Brocke u. Hubert Laitko. Berlin-New York: Walter de Gruyter 1996. S. 227 – 243.
- 28 Forschungen zur Radioaktivität bzw. Kernphysik wurden zu Beginn der 1930er Jahre in Deutschland vor allem an folgenden Instituten durchgeführt: KWI für Chemie in Berlin, Laboratorium für Radioaktivität der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin (gegründet 1912 unter H. Geiger, später unter der Leitung Walter Bothes und ab 1931 unter der Leitung von H. Fränzl), Physikalisches Institut der Universität Halle unter Gerhard Hoffmann (1880-1945), der 1937 als Nachfolger von Peter Debye das Leipziger Universitätsinstitut übernahm, Physikalisches Institut der Universität Tübingen unter Geiger (berufen 1929; ging 1936 an die TH Berlin), Physikinstitut der TH Stuttgart unter Erich Regener (1881-1955) sowie das Physikinstitut an der Universität Kiel unter Heinrich Rausch von Traubenberg (1880-1944). Zu erwähnen ist auch Werner Kolhörster (1887-1946) mit seinem Institut für Höhenstrahlenforschung zunächst in Potsdam, dann in Berlin-Dahlem. – Für diesen Überblick vgl. u. Schmidt-Rohr, U., Die Deutschen Kernphysikalischen Laboratorien von 1911 bis zur Gründung des Atomministeriums. Heidelberg: MPI für Kernphysik 2003.

19. Oktober 1933 dem Reichsinnenminister mit, daß er beabsichtige, Berufungsverhandlungen mit Walter Bothe aufzunehmen.²⁹

Walter Bothe war 1913 in das kurz zuvor von dem Rutherford-Schüler Hans Geiger (1882-1945) gegründete Laboratorium für Radioaktivität der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eingetreten und nach seiner Rückkehr aus russischer Kriegsgefangenschaft im 1. Weltkrieg dorthin zurückgekehrt.³⁰ Nach Geigers Weggang 1925 nach Kiel übernahm Walter Bothe die Leitung dieses Laboratoriums an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Arbeitsschwerpunkte von Walter Bothe waren die Untersuchung der Beta-Strahlstreuung beim Materiedurchgang und die Untersuchung der kosmischen Höhenstrahlung. Mit der von ihnen gerade entwickelten Koinzidenzmethode konnten Walter Bothe und Hans Geiger 1925 nachweisen, daß beim Streuvorgang im Compton-Prozeß Energie- und Impulssatz für jeden Einzelprozeß und nicht nur im statistischen Mittel gelten, womit die Lichtquantenhypothese als endgültig bewiesen angesehen werden konnte.³¹ 1929 konnte Walter Bothe gemeinsam mit Kollhörster mit Hilfe der Koinzidenzmethode die korpuskulare Natur der Höhenstrahlung nachweisen. Mit Hans Fränz (1899-1976) untersuchte Walter Bothe die Reaktionsprodukte bei Kernreaktionen leichter Kerne (unter anderen Aluminium- und Beryllium-Kerne) mit alpha-Teilchen und fand in diesem Zusammenhang mit Herbert Becker die Kerngammastrahlung.³² – Zum 1. November 1930 wurde Walter Bothe an die Universität Gießen berufen,³³ zum 1. Oktober 1932 als

29 Max Planck an Reichsinnenminister am 19.10.1933. [MPA I / 1A / 2563, Bl.47b].

30 Zu Bothe vgl. u.a. Fleischmann, R., Walter Bothe und sein Beitrag zur Atomkernforschung. – In: Die Naturwissenschaften. 44(1957)17, S. 457 – 460; Hoffmann, D., Ein Physiker per se – Zum 100. Geburtstag von Walther Bothe. – In: Wissenschaft und Fortschritt. 41(1991)5, S. 162 – 165; Hoffmann, D. / Kant, H. / Laitko, H., Walther Bothe – Wissenschaftler in vier Reichen. Preprint Nr. 26/95, Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und –theorie der Förderungsgesellschaft Wiss. Neuvorhaben mbH, Berlin 1995 (23 Seiten).

31 1954 erhielt Walter Bothe den Physik-Nobelpreis „für die Koinzidenzmethode und seine damit gemachten Entdeckungen“. – Vgl. auch Fick, D. / Kant, H., Walther Bothe's contributions to the understanding of the wave-particle duality of light. – In: Studies in History and Philosophy of Modern Physics. 40(2009), S. 395 – 405.

32 Der Nachweis, daß bei dieser Beryllium-Umwandlung auch Neutronen entstehen, blieb James Chadwick (1891-1974) 1932 vorbehalten. Walter Bothe und August Becker haben dies jedoch nicht eigentlich übersehen (wie oft gemutmaßt wird), denn ihre Apparatur war für Neutronen unempfindlich. [vgl. dazu u.a. Fleischmann, R., 25 Jahre künstliche Kernanregung. – In: Physikalische Blätter 11(1955)9, S. 395 – 399].

33 Walter Bothe blieb jedoch bis 1945 Kurator der PTR. – Hans Fränz war sein Nachfolger an der PTR geworden, jedoch mußte sich das PTR-Laboratorium mehr und mehr Eich- und Prüfaufgaben widmen und stand nicht mehr an der vordersten Forschungsfront, wie in den 1920er Jahren.

Nachfolger von Philipp Lenard (1862-1947; Nobelpreis für Physik 1905) an die Universität Heidelberg. In dem reaktionären politischen Klima der Heidelberger Universität und seines Lenard-geprägten Physikinstituts hatte Walter Bothe offensichtlich große Probleme. Bereits 1925 hatte Wilhelm Wiens (1864-1928) Sohn Karl aus Heidelberg nach Hause berichtet:

„Ich habe noch nicht herausfinden können, ob man zuerst völkisch wird und dann ein Doktorkandidat oder umgekehrt. Auf jeden Fall scheint das Institut in dieser Hinsicht ziemlich homogen zu sein, [...]“³⁴

An dieser Situation hatte sich auch Anfang der 1930er Jahre nichts geändert und es verwundert etwas, daß Walter Bothe den Ruf in diese von Philipp Lenard geprägte Hochburg der „Deutschen Physik“ mit relativ großer nationalsozialistischer Anhängerschaft unter Studenten und Universitätspersonal überhaupt annahm, wo er sich nach eigener Aussage in Gießen wohl gefühlt hatte;³⁵ aber natürlich war Heidelberg die renommiertere Universität. Die am Physikinstitut tätigen ehemaligen Lenard-Schüler versuchten aber offenbar, sich seiner Weisungsbefugnis zu entziehen. Auf die politischen Verhältnisse in Heidelberg will ich hier nicht weiter eingehen, die habe ich an anderer Stelle bereits erörtert.³⁶

Doch erst am 17. Januar 1934 teilte Walter Bothe dem Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft definitiv mit, daß er bereit sei, den Ruf anzunehmen.³⁷ Er sollte die Stelle schließlich zum 1. April 1934 antreten, jedoch verzögerte sich nunmehr die Zustimmung des Reichinnenministers, und Walter Bothe zog sein Entlassungsgesuch beim Badischen Kultusminister sicherheitshalber zurück.³⁸ Erst Ende März 1934 waren alle Probleme ausgeräumt. – Im Sommer 1936 wird ihm der Lehrstuhl für Physik an der Universität Leipzig in der Nachfolge von Peter Debye, der zum Direktor des neugegründeten Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik in Berlin berufen worden war, angeboten und er nutzte die Gelegenheit, um bei der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft eine gewisse Etaterhöhung für sein Institut zu erreichen.³⁹ Es wäre aus Sicht der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft auch wenig

34 Zit. nach Beyerchen, A. D., *Wissenschaftler unter Hitler – Physiker im Dritten Reich*. Köln: Kiepenheuer & Witsch 1980. S. 138

35 Maier-Leibnitz, H., Walther Bothe (1891-1957). – In: *Physikalische Blätter*. 47(1991)1, S. 62 – 64 (hier S. 63).

36 Vgl. Kant, H., *Von der Lichttherapie zum Zyklotron. Das Institut für Physik im Heidelberger Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung bis 1945*. – In: *Dahlemer Archivgespräche*. Heft 13/2007. Berlin 2008, S. 49 – 92 (insbes. S. 60ff).

37 Walter Bothe an Max Planck am 17.1.1934. [MPA II / 01A / PA Bothe, Nr.2, Bl.2]. – Wenn States (a.a.O.) im Abschnitt „Bothe Selected as Director of KWImF Nuclear Physics“ schreibt: „Bothe gladly accepted the new position [...]“, so scheint dies doch ein wenig übertrieben.

sinnvoll gewesen, gewissermaßen den neuen Direktor des Berliner Physikinstituts gegen den des Heidelberger Physikinstituts zu „tauschen“.

Vom Universitätsinstitut brachte Walter Bothe Rudolf Fleischmann (1903-2002) mit an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung, der praktisch sein erster Assistent war. Rudolf Fleischmann hatte in München und Erlangen studiert und 1929 in Erlangen promoviert, war dann zwei Jahre Assistent in Göttingen bei Robert Wiechart Pohl und ab Oktober 1932 bei Walter Bothe in Heidelberg. Sein Arbeitsschwerpunkt war die Gammastrahlen-Erzeugung durch Neutronenbeschuß.

Rudolf Fleischmann untersuchte in den folgenden Jahren sehr eingehend – und weiter im Anschluß an die Arbeiten der Fermi-Gruppe in Rom – die Verlangsamung und Absorption von Neutronen in Paraffin als Funktion der Schichtdicke sowie den Einfang thermischer Neutronen in Kernen. Doch setzte ihn Walter Bothe 1938 ziemlich unvermittelt auf ein anderes Thema: Isotopentrennung mit dem Clusiussschen Trennrohr.⁴⁰ Rudolf Fleischmann baute daraufhin in der Achse der Wendeltreppe des Instituts über drei Stockwerke ein Clusiusssches Trennrohr auf, führte erfolgreich die Abtrennung von ^{15}N durch, war dann aber mit der Abtrennung von ^{235}U (was für das Uranprojekt von Bedeutung wurde) weniger erfolgreich (was allerdings objektive Gründe hatte).⁴¹ Zum 1. November 1941 wurde Rudolf Fleischmann nach Straßburg berufen – dazu später etwas ausführlicher.

Von den weiteren Assistenten an Walter Bothes Institut will ich hier nur zwei erwähnen. Der eine ist Heinz Maier-Leibnitz (1911-2000). Er war James Francks letzter Göttinger Doktorand vor dessen Emigration gewesen (Promotion im

38 Walter Bothe an Max Planck am 9.3.1934. [MPA II / 01A / PA Bothe, Nr.2, Bl.14]. – Mitte April 1934 wurde der Lenard-Schüler August Becker (1879-1953), bisher Extraordinarius für theor. Physik an der Universität, zu Bothes Nachfolger – zunächst vertretungsweise – ernannt. Als Fleischmann am 18.4.1934 in einem Brief an Bothe (er hielt sich zu jener Zeit im Sanatorium auf) wegen des Umzuges der Assistenten ins Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung ein bißchen auf Institutshintergründe anspielte und über Becker berichtete: „[...] will er alles vermeiden, was so ausgedeutet werden könnte, daß er in dem Gerede der Leute als Trabant des bisherigen Direktors hingestellt und so in Gegensatz zu Lenard gebracht werden würde.“, verwahrte sich Bothe (19.4.1934): „[...] Den von Ihnen vermuteten Grund kann ich nicht eher glauben, als ich ihn von Prof. B. selber höre.“ [MPA III / 06 / 124,2 (unpaginiert)].

39 Vgl. Aktenvermerk von Glum am 17.8.1936 [MPA II / 01A / PA Bothe, Nr.4, Bl.13].

40 Über mögliche Motive Bothes für diese Themenänderung vgl. Schmidt-Rohr, U., Erinnerungen an die Vorgeschichte und die Gründerjahre des Max-Planck-Instituts für Kernphysik. Heidelberg 1996, S. 12.

41 Fleischmann, R., Anreicherung von N^{15} nach dem Trennrohrverfahren von Clusius und Dikkel. – In: Physikalische Zeitschrift. 41(1940), S. 14 – 18.

April 1935 bei Robert Wiechart Pohl). Bald darauf holte Walter Bothe ihn nach Heidelberg, wahrscheinlich auf Empfehlung Robert Wiechart Pohls.⁴² In Heidelberg führte Heinz Maier-Leibnitz zunächst die Arbeiten eines früheren Bothe-Schülers⁴³ mit der Koinzidenzmethode fort.⁴⁴ Ab 1938 baute Heinz Maier-Leibnitz eine langsame Wilsonsche Nebelkammer, die in den folgenden Jahren zu einem wichtigen kern-physikalischen Meßinstrument des Instituts wurde;⁴⁵ ein eindrucksvolles Ergebnis der Arbeit mit dieser Kammer war der „Atlas typischer Nebelkammeraufnahmen“.⁴⁶

Der andere ist Wolfgang Gentner. Er hatte 1930 bei Friedrich Dessauer (1881-1963) an der Universität Frankfurt am Main promoviert und war seit 1933 Oswald-Stipendiat⁴⁷ am Radium-Institut in Paris, wo er besonders mit Frédéric Joliot-Curie zusammenarbeitete. Wolfgang Gentner hatte bereits im April 1934 Kontakt mit Walter Bothe aufgenommen, um an seinem Institut zu arbeiten.⁴⁸ Mitte Juni 1935 schickt Wolfgang Gentner seinen unterschriebenen Arbeitsvertrag mit folgenden Worten von Paris nach Heidelberg:

„Bei meiner Rückkehr nach Paris habe ich Herrn Joliot eingehend von meiner Reise berichtet und er hat sich sehr gefreut, daß es mir gelungen ist gerade bei Ihnen einen Arbeitsplatz zu erhalten. M. und Mme. Joliot lassen bestens für die übermittelten Grüße danken. [...]“⁴⁹

Mit Wolfgang Gentner baute Walter Bothe zunächst einen Van-de-Graaff-Beschleuniger und dann das Zyklotron – auch dazu später mehr.

Auf die durchgeführten Arbeiten kann nicht im Einzelnen eingegangen werden.⁵⁰ Im Tätigkeitsbericht der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft wird für das Jahr 1935 festgehalten:

42 Robert Wiechart Pohl an Max Planck am 7.10.1933. [MPA I / 1A / 2563, Bl.48].

43 Gemeint ist Hans Jacob von Baeyer (1912-1998).

44 Edingshaus, A.-L., Heinz Maier-Leibnitz. Ein halbes Jahrhundert experimentelle Physik. München-Zürich: Piper 1986. S. 61; Maier-Leibnitz, H., Koinzidenzversuche zur Neutronen- und Gammastrahlung des Berylliums. – In: Zeitschrift für Physik. 101(1936), S. 478 – 485; Maier-Leibnitz, H., Die Koinzidenzmethode und ihre Anwendung auf kernphysikalische Probleme. – In: Physikalische Zeitschrift. 43(1942)18, S. 333 – 362.

45 Maier-Leibnitz, H., Untersuchungen mit der „langsamen“ Wilson-Kammer. – In: Zeitschrift für Physik. 112(1939), S. 569 – 586.

46 Gentner, W. / Maier-Leibnitz, H. / Bothe, W., Atlas typischer Nebelkammerbilder mit Einführung in die Wilsonsche Methode. Berlin: Springer 1940.

47 Die Oswald-Stiftung wurde von der Universität Frankfurt am Main verwaltet. Das Stipendium galt für ein Jahr; nach Ablauf hatte es Marie Curie ermöglicht, daß Gentner am Pariser Institut weiterarbeiten konnte.

48 Wolfgang Gentner an Walter Bothe am 25.4.1934. [MPA III / 68 A / Kasten 1 (unbezeichnete Sammelmappe, unpaginiert)].

49 Wolfgang Gentner an Walter Bothe am 18.6.1935 [Ebenda].

„Im Institut für Physik wurden die Untersuchungen über künstliche Kernumwandlungen, welche mit als Vorarbeiten für die geplante biologische Anwendung künstlich radioaktiver Stoffe gedacht sind, nach verschiedenen Richtungen fortgesetzt. Insbesondere gelang die Auffindung eines neuen Umwandlungstyps, bei welchem ein stabiler Kern unter Anlagerung eines Neutrons und Gammastrahlenemission in ein höheres stabiles Isotop übergeht. Bei dem Element Polonium konnte eine sehr schwache Betastrahlung nachgewiesen und spektroskopiert werden.

Gemeinsam mit dem Institut für Pathologie wird an der Verbesserung der Tierkalorimeter gearbeitet.“⁵¹

Zwei Bemerkungen seien hier angeschlossen: Zum einen bemühte sich auch Walter Bothe, dem Gedanken der interdisziplinären Zusammenarbeit innerhalb des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Medizinische Forschung in gewissem Rahmen Rechnung zu tragen und hat diese Arbeiten immer wieder besonders hervorgehoben.⁵² Sein Ruf in dieser Beziehung war innerhalb des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Medizinische Forschung jedoch nicht der beste – möglicherweise auch beeinflusst durch Äußerungen aus der Abteilung Hausser – und so sah Ludolf von Krehl sich beispielsweise 1936 im Zusammenhang mit der drohenden Wegberufung Walter Bothes nach Leipzig veranlaßt, an Max Planck zu schreiben:

„Prof. Bothe arbeitet an seiner Atomzertrümmerung; der Apparat ist jetzt so ziemlich fertig. Aber es kann keine Rede davon sein, daß, wie im Institute (bösaartig) behauptet wird, er für andere Fragen der allgemeinen Physik und speciell für Biologie kein Interesse habe. Wir arbeiten über den allgemeinen Stoffwechsel und speciell über den Wärmehaushalt, und wir haben dabei an Prof. Bothe die

50 Vgl. dazu auch Schmidt-Rohr, U., *Erinnerungen ...*; a.a.O. (besonders Kapitel 1: Das Institut für Physik im Kaiser-Wilhelm-Institut für medizinische Forschung in den Jahren vor dem Krieg).

51 Tätigkeitsbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (April 1935 bis Ende September 1935). – In: *Die Naturwissenschaften*. 24(1936)2/3, S. 19 – 43 (hier S. 28).

52 So heißt es beispielsweise im Tätigkeitsbericht für 1938/39: „Die Versuche zur Aufklärung organischer Reaktionen mit Hilfe von künstlich radioaktiven Elementen als Indikatoren wurden gemeinsam mit dem Institut für Physiologie fortgeführt.“ (Die entsprechende Publikation lautet: Meyerhof, O. / Ohlmeyer, P. / Gentner, W. / Maier-Leibnitz, H., *Studium der Zwischenreaktionen der Glykolyse mit Hilfe von radioaktivem Phosphor*. – In: *Biochemische Zeitschrift*. 298(1938), S. 396 – 411). Und auch in dem die Abteilung Isolde Hausser betreffenden Berichtsteil wird entsprechend vermerkt: “[...] wurden die Arbeiten über biologische Wirkungen des Lichtes im ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich fortgesetzt [...]. In Unterstützung der Arbeiten des Instituts für Chemie über Carotinoide [...]“. [*Die Naturwissenschaften* 27(1939)20/21, S. 330].

beste Unterstützung, die man sich denken kann. Er denkt alle unsere Fragen von seinem Standpunkte aus selbständig durch und hilft uns in jeder Weise. Wir glauben mit den neuen Calorimetern wirklich weiter zu kommen, [...]“⁵³

In diesem speziellen Falle arbeitete Walter Bothe insbesondere mit Hermann Wollschitt von Krehls Pathologischem Institut zusammen.⁵⁴ Und bereits im vorangegangenen Tätigkeitsbericht hatte er diesbezüglich erwähnt:

„[...] Erste Versuche zur Einführung künstlich radioaktiver Elemente in biologische Substanzen wurden gemeinsam mit dem Institut für Chemie ausgeführt. Eine im Bau befindliche Höchstspannungsanlage soll dem Versuch dienen, künstlich radioaktive Stoffe in solchen Mengen herzustellen, daß sie als therapeutischer Radiumersatz in Frage kommen.“⁵⁵

Diese Hervorhebung ist insofern bemerkenswert, als auch hier nicht der physikalische, sondern der medizinisch-biologische Aspekt für den Bau einer solchen Anlage in den Vordergrund gerückt wird, denn andererseits wurde diese Anlage nun doch in erster Linie aus dem Interesse an grundlegenden kernphysikalischen Fragen errichtet.

Den Bau der Hochspannungsanlage hatte Walter Bothe – wie erwähnt – Wolfgang Gentner übertragen und Ende 1935 begann dieser mit dem Aufbau eines Bandgenerators vom Van-de-Graaff-Typ in dem sich über zwei Etagen erstreckenden etwa 8m hohen Kasinoraum zwischen Physikalischem und Pathologischem Institut (Gesamthöhe der Anlage: 6 Meter). Dieser Beschleunigertyp wurde 1933 von Robert J. Van de Graaff (1901-1967) in Boston am MIT entwickelt.⁵⁶

Die im Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung aufgestellte Anlage wurde von Walter Bothe und Wolfgang Gentner als

„[...] eine einfache, gedrungene und verhältnismäßig wenig kostspielige Anlage zur Erzeugung schneller Korpuskularstrahlen beschrieben [...], die für Versu-

53 Ludolf von Krehl an Max Planck am 12.7.1936 [MPA II / 01A / PA Bothe, Nr.4, Bl.6-7]. – Und Krehl schließt den Brief mit den Worten: „Einen gleichwerthigen Physiker bekommen wir nicht.“

54 Von den diesbezüglichen Veröffentlichungen seien genannt: Bothe, W. / Wollschitt, H., Neue Geräte für direkte und indirekte Kalorimetrie. – In: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Hrsg. von Emil Abderhalden, Abt.IV, Teil 13, Berlin-Wien: Urban & Schwarzenberg 1937. S. 943 – 973; Bothe, W., Die Arbeitsweise des Differential-Luftcalorimeters. – In: Pflügers Archiv. 241(1939,) S. 630 – 640.

55 Tätigkeitsbericht der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (April 1934 bis März 1935). – In: Die Naturwissenschaften. 23(1935)26/28, S. 411 – 449 (hier S. 422).

56 Van de Graaff, R. J. / Compton, K. T. / Van Atta, L. C., The Electrostatic Production of High Voltage for Nuclear Investigations. – In: The Physical Review. 43(1933)3, S. 149 – 157.

che über Kernumwandlungen, Neutronenstrahlen und künstliche Radioaktivität in mäßigen Grenzen geeignet ist.“⁵⁷

Walter Bothe hatte – dem internationalen Trend folgend – schon frühzeitig erkannt, daß die kernphysikalischen Forschungen nur mit leistungsstarken Beschleunigeranlagen vorangebracht werden konnten. Der Van-de-Graaff-Beschleuniger war im Herbst 1936 in Betrieb gegangen. Bei der Bestrahlung verschiedener Elemente mit der hierbei erzeugten harten Gammastrahlung entdeckten Walter Bothe und Wolfgang Gentner den Kernphotoeffekt,⁵⁸ und durch diesen Kernphotoeffekt entstanden neue – bisher unbekannte – künstlich radioaktive Isotope.⁵⁹ Die Relevanz dieser Entdeckung war Walter Bothe und Wolfgang Gentner durchaus bewußt, und sie waren deshalb um schnelle Publikation bemüht, wie aus einem Brief an die Schriftleitung der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“ hervorgeht:

„Herr Dr. Gentner und ich wären sehr dankbar, wenn Sie die beifolgende Notiz als „Kurze Originalmitteilung“ in das nächste Heft der „Naturwissenschaften“ aufnehmen wollten. Zur Beschleunigung werden wir gern auf Korrekturfahren verzichten und Sie bitten, die Korrektur freundlichst selbst zu lesen.

Es handelt sich hier um eine neue Methode zur Herstellung künstlich radioaktiver Substanzen, die grundsätzlich neue Möglichkeiten eröffnet. Es ist damit zu rechnen, daß amerikanische Institute sich auf demselben Wege befinden. [...]“⁶⁰

Der relativ schnelle und problemlose Aufbau des Van-de-Graaff-Beschleunigers und die damit erzielten Ergebnisse ermutigten Walter Bothe und Wolfgang Gentner Ende 1937, den Bau eines Zyklotrons in Angriff zu nehmen. Die Erfindung dieses Beschleunigertyps stammte von Ernest Orlando Lawrence (1901-1958, Nobelpreis für Physik 1939) in Berkeley, USA. Gegenüber den ersten Linearbeschleunigern war das Zyklotron etwas aufwendiger im Bau, versprach aber eine höhere Leistungsfähigkeit und die Erschließung weiterer kernphysikalischer Untersuchungsbereiche. Während gegen Ende der 1930er Jahre in den USA bereits mehrere Zyklotrone in Betrieb und weitere, immer größere, im Bau wa-

57 Bothe, W. / Gentner, W., Eine Anlage für schnelle Korpuskularstrahlen und einige damit ausgeführte Umwandlungsversuche. – In: Zeitschrift für Physik. 104(1937), S. 685 – 693.

58 Kernresonanzfluoreszenz: Resonanzstreuung von g-Strahlen am Atomkern, auch g-induzierte Kernreaktion genannt.

59 Vgl. Tätigkeitsbericht der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (Oktober 1935 bis Ende März 1937). – In: Die Naturwissenschaften. 25(1937)24/25, S. 380.

60 Walter Bothe an Die Naturwissenschaften am 26.1.1937. [MPA III / 68A / Ordner 3 (unpaginiert)]. Es handelte sich um den Kurzaufsatz Bothe, W. / Gentner, W., Künstliche Radioaktivität durch g-Strahlen. – In: Die Naturwissenschaften. 25(1937)6, S. 90 (erschienen am 5.2.1937). Gefolgt zwei Wochen später von Bothe, W. / Gentner, W., Herstellung neuer Isotope durch Kernphotoeffekt. –In: Die Naturwissenschaften 25(1937)8, S.126.

ren,⁶¹ gab es auf dem europäischen Kontinent noch keine solche Anlage. Hauptgrund waren die hohen Kosten. Ende der 1930er Jahre wurden allerdings an mehreren Orten Zyklotrone in Angriff genommen, so in Kopenhagen, Leningrad, Paris, Stockholm und Zürich.

Ende November 1937 wandte sich Walter Bothe an den neuen Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Carl Bosch (1874-1940), um ihm den Plan zur „Errichtung einer ersten Cyclotron-Anlage in Deutschland“ nahe zu bringen.⁶² Er führte dabei unter anderen aus:

„Meines Wissens sind beispielsweise in U.S.A. zur Zeit allein fünfzehn neue Cyclotron-Anlagen im Bau, ferner je eine in Cambridge, Paris und Kopenhagen, zwei in Japan. Wenn Deutschland auf dem Gebiete der experimentellen Kernphysik, an dessen Entwicklung es bisher wesentlich beteiligt war, nicht ins Hintertreffen geraten soll, scheint es mir nötig, wenigstens eine solche Anlage zu schaffen. [...]

Für die Aufstellung eines Cyclotrons kommt m.E. in erster Linie ein reines Forschungsinstitut wie das unsere in Betracht, weil bei der komplizierten Bedienungsweise jede Abhaltung durch Unterricht u. dgl. den Betrieb unrationell machen würde.

[...] Die Gesamtkosten der Anlage würde ich auf etwa RM 120.000.– veranschlagen.“⁶³

Doch konnte die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft die erforderlichen Mittel nicht aufbringen.⁶⁴ Walter Bothe versuchte andere Geldgeber zu finden und fand sie unter anderen bei der Helmholtz-Gesellschaft, dem Stifterverband der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Reichsforschungsrat. Aber wie immer stiegen im Laufe der Zeit die Kosten, und für die Bau- und weiteren Nebenkosten konnten schließlich die IG Farben und das Badische Kultusministerium gewonnen werden. Wolfgang Gentner fuhr von Mitte Dezember 1938 bis Ende April 1939 in die USA und auch noch kurz nach England, um sich über die bereits in Betrieb befindlichen Zyklotrone zu informieren. In Berkeley konnte Wolfgang Gentner direkt an Zyklotronarbeiten mitwirken; besonders eng war die Zusam-

61 Nach dem ersten Versuchsmodell von 1931 mit einer Kammer von 6 Zoll Durchmesser gingen in Berkeley beispielsweise 1932 ein 11-Zoll-Gerät, 1937 ein 37-Zoll-Gerät und 1939 ein 60-Zoll-Gerät in Betrieb (an letzterem wurde u.a. 1940 das erste „echte“ Transuran entdeckt); weitere Zyklotrone entstanden bis Ende der 1930er Jahre in den USA u.a. in Ann Arbor, Boston, Chicago, Rochester und New York. Auch am Cavendish-Laboratorium in Cambridge/England ging noch 1939 ein Zyklotron in Betrieb.

62 Walter Bothe an Carl Bosch am 26.11.1937. [MPA III / 06 / 62 (unpaginiert)].

63 Ebenda.

64 Telschow an Walter Bothe am 21.2.1938. [MPA III / 06 / 62 (unpaginiert)].

menarbeit mit dem inzwischen aus Italien emigrierten ehemaligen Fermi-Mitarbeiter Emilio Segrè (1905-1989).⁶⁵ Auch Walter Bothe war noch im Sommer 1939 in den USA. Auf den Verlauf und die Probleme beim Zyklotronbau in Heidelberg und parallel laufenden Projekten beispielsweise in Leipzig kann hier nicht näher eingegangen werden, ebensowenig auf das Wirken Wolfgang Gentners in Paris am Zyklotron im Joliotischen Institut nach dem Einmarsch der deutschen Truppen (lediglich sei angemerkt, daß Wolfgang Gentner nicht nur den Betrieb des Pariser Zyklotrons sicherte, sondern auch, daß es in Paris und in Joliot's Obhut verblieb).⁶⁶

Im September 1943 konnte Walter Bothe endlich berichten:

„[...] kann ich Ihnen erfreulicherweise mitteilen, dass nunmehr alle auswärts bestellten Zubehöreile der Zyklotron-Anlage in Heidelberg beisammen sind.“⁶⁷

Das neu errichtete Zyklotrongebäude neben dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung Hauptgebäude – aus Strahlenschutzgründen halb in die Erde eingelassen – war inzwischen ebenfalls weitgehend fertiggestellt und die meisten Teile der Anlage waren bereits aufgestellt. Es blieben noch kleinere Montagearbeiten.

Und am 10. Januar 1944 informierte er, daß die Anlage kurz vor Weihnachten – also im Dezember 1943 – das erste Mal eingeschaltet worden war und daß es nun um eine Optimierung der Anordnung gehe.⁶⁸ Das bedeutete aber, dass man noch keine regelmäßigen Messungen durchführen und somit auch für andere keine entsprechenden Möglichkeiten anbieten konnte; so schrieb Walter Bothe im Juli 1944 an Erwin Schopper (1909-2009) von der Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft:

„Wie Ihnen vielleicht Herr Prof. Regener erzählt hat, läuft unser Zyklotron zwar schon im Sondenbetrieb, doch sind wir mit der Dressur des austretenden Strahles, den Sie für Ihre Versuche benötigen, noch beschäftigt. [...]“⁶⁹

Aber man hatte doch wenigstens am 2. Juni 1944 das Zyklotron offiziell eingeweiht.⁷⁰ Wolfgang Gentner verfaßte nach dem Kriege einen Kurzbericht über das Heidelberger Zyklotron für die FIAT-Reviews.⁷¹

65 Gentner, W. / Segrè, E., Appendix on the Calibration of the Ionization Chamber. – In: Physical Review. 55(1939) S. 814. Über neue Konstruktionsaspekte gab Wolfgang Gentner auch in einem kurzen Artikel Bericht: Gentner, W., Das neue 1,5 Meter-Zyklotron in Berkeley (Calif.). (= Mitteilungen aus der Kernphysik). – In: Die Naturwissenschaften. 28(1940)25, S. 394 – 396.

66 Dazu vgl. u.a. Kant, H., Von der Lichttherapie ...; a.a.O. S.78ff.

67 Walter Bothe an Petersen am 10.9.1943 [MPA III / 06 / 61 (unpaginiert)].

68 Walter Bothe an Petersen am 10.1.1944 [MPA III / 06 / 61, (unpaginiert)].

69 Walter Bothe an Erwin Schopper am 12.7.1944 [MPA III / 68A / Ordner 3 (unpaginiert)].

Erwähnt sei noch kurz der unmittelbare Beitrag zum deutschen Uranprojekt. Bekanntlich hatten Otto Hahn und Fritz Straßmann am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin im Dezember 1938 die Urankernspaltung entdeckt, und Lise Meitner, die im Sommer 1938 emigrieren mußte, hatte zur Jahreswende 1938/39 im schwedischen Exil gemeinsam mit ihrem Neffen Otto Robert Frisch die physikalisch-theoretische Erklärung dafür geliefert. Den auf diesem Gebiet arbeitenden Physikern in aller Welt war sofort klar, was diese Entdeckung bedeutete – die Möglichkeit einer scheinbar unerschöpflichen Energiegewinnung, die auch zu militärischen Zwecken genutzt werden konnte.

In Deutschland hatte im September 1939 das Heereswaffenamt ein Projekt zur Erforschung der Möglichkeiten der Energiegewinnung aus der Kernspaltung ins Leben gerufen – inoffiziell bezeichnete man die Gruppe der Beteiligten als Uranverein. Auch Walter Bothe gehörte dazu. Im Rahmen dieses Projektes übernahm Walter Bothe die Aufgabe, die Absorption thermischer Neutronen in Graphit zu messen. Diese Arbeiten wurden vor allem gemeinsam mit seinem Mitarbeiter Peter Jensen (1913-1955) durchgeführt,⁷² einem Schüler von Georg Joos, der 1939 von Göttingen nach Heidelberg gekommen war. Die erzielten Ergebnisse führten damals zu der Entscheidung Werner Heisenbergs, des wissenschaftlichen Leiters des Uranprojektes, als Moderator für die Uranmaschine schweres Wasser und nicht Kohlenstoff zu wählen. In einem Spiegel-Interview 1967 hatte Werner Heisenberg gemeint, Walter Bothe habe seinerzeit falsch gemessen.⁷³ Die Schüler Bothes teilten diese Ansicht allerdings nicht und kamen nach Kontrollmessungen 1980 zu dem Schluß, daß Werner Heisenberg wohl die

- 70 Festprogramm zur Einweihung des Heidelberger Zyklotrons am 2.6.1944 [MPA III / 06 / 45 (unpaginiert)]. – Zu den damals üblichen Späßen einer solchen Institutsveranstaltung gehörten auch solche Spielchen wie Vakuumwettbewerb oder Preiswerfen nach Atomen. [Vgl. auch Schmidt-Rohr, U., Erinnerungen; a.a.O. S.47]
- 71 Gentner, W., Das Heidelberger Zyklotron. In: Nuclear Physics and Cosmic Rays, Part II. Hrsg. von W.Bothe und S.Flügge (= FIAT Review of German Science 1939-1946; Bd.14) Wiesbaden 1948, S.28-31 (Ausgabe für Deutschland: Weinheim, Verlag Chemie 1953, S.28-31).
- 72 Bothe, W., Die Diffusionslänge für thermische Neutronen in Kohle. Bericht vom 5.6.1940. Geheimdokumente zum deutschen Atomprogramm 1938-1945. G-12. CD-ROM, Deutsches Museum München 2001; Bothe, W. / Jensen, P., Die Absorption thermischer Neutronen in Elektrographit. Bericht vom 20.1.1941. G-76. Ebenda: Jensen, P., Die Absorption thermischer Neutronen in Kohlenstoff. – In: Zeitschrift für Physik. 122(1944), S. 749 – 755; Jensen, P., Die Bremsung von Neutronen in Kohlenstoff, Wasser und schwerem Wasser. – In: Zeitschrift für Physik. 122(1944), S. 756 – 768.
- 73 Interview mit Werner Heisenberg im Spiegel (1967)28 vom 3.7. – Noch deutlicher ausgedrückt in einem Interview im gleichen Jahr mit J. J.Ermenc. – In: Ermenc, J. J., Atomic Bomb Scientists Memoirs 1939-1945. Westport-London: Meckler Corporation 1989. S. 27.

Ergebnisse von Walter Bothe und Peter Jensen nicht richtig interpretiert habe.⁷⁴ – So viel zu den Arbeiten an Bothes Institut zwischen 1936 und 1945.

Im Grunde war also das ursprüngliche interdisziplinäre Konzept Ludolf von Krehls für dieses Institut bereits Mitte der 1930er Jahre gescheitert, aber nicht, weil es schlecht war, sondern weil sich die Umstände – vor allem die personellen und politischen – geändert hatten. Ludolf von Krehl war 1937 gestorben, Otto Meyerhof 1938 in die Emigration gezwungen und beide erhielten zunächst keine Nachfolger. Die beiden verbleibenden Teilinstitute entwickelten sich im weiteren Verlauf relativ selbständig auf Gebieten, die scheinbar keinen weiteren Zusammenhang zu den ursprünglichen medizinischen Fragestellungen hatten. Dass beide Institutsdirektoren immer wieder den Zusammenhang zu medizinischen Fragestellungen betont hatten – Walter Bothe zum Beispiel die mögliche Nutzung des Zyklotrons für die Erzeugung von Isotopen für den medizinischen Bereich –, ist jedoch nicht von der Hand zu weisen (und nach dem Kriege betonte Walter Bothe diesen Aspekt natürlich besonders, als es darum ging, das Zyklotron wieder in Betrieb zu nehmen).

Da das Konzept – wie angedeutet – eben nicht aus inhaltlichen Gründen gescheitert war, ist es auch nicht verwunderlich, daß bei passender Gelegenheit ein zweiter Versuch unternommen wurde. Mit der Neubegründung der Reichsuniversität Straßburg unter der deutschen Besetzung wurde mit dem medizinischen Forschungsinstitut im Straßburger Bürgerspital das modernste Forschungsinstitut der neuen deutschen Universität gegründet. Es war nach dem Vorbild des Heidelberger Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung als interdisziplinäres Forschungsinstitut angelegt worden, und das wichtigste Personal kam mehr oder weniger auch aus Heidelberg. Durch die Integration dieses Forschungsinstituts in die Universität erhoffte man sich zudem offenbar eine engere Zusammenarbeit, als dies in Heidelberg zwischen Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung und Universität der Fall war. Man darf davon ausgehen, daß Richard Kuhn als Direktor des Heidelberger Instituts wesentlich an der Konzeption dieses Straßburger Instituts beteiligt war. Richard Kuhns Schüler Friedrich Weygand (1911-1969) wurde Leiter der chemischen Abteilung, Bothes Schüler Rudolf Fleischmann Leiter der physikalischen Abteilung. Der frühere Direktor der medizinischen Universitätsklinik Heidelberg Johannes Stein (1896-1967) war Dekan der Straßburger medizinischen Fakultät geworden und sein

74 Brief Wolfgang Gentners vom 1.9.1980 an zahlreiche Kollegen mit Koesters Gutachten. [MPA-D 1716]. – Koester, L., Zum unvollendeten ersten deutschen Kernreaktor 1942/1944. – In: Die Naturwissenschaften- 67(1980)12, S. 573 – 575.

Schüler Otto Bickenbach (1901-1971) leitete nun die medizinische Abteilung. Die biologische Abteilung blieb zunächst unbesetzt.

Doch auch in Straßburg scheiterte das Konzept letztlich aus nicht-wissenschaftlichen Gründen, d.h. vor allem an den Kriegsbedingungen und der verhältnismäßig kurzen Zeit der Existenz dieses Instituts. Zudem waren Mitarbeiter an verbrecherischen Kriegsforschungen beteiligt. So führte Otto Bickenbach an Häftlingen im Konzentrationslager Natzweiler Phosgenversuche durch. Über Friedrich Weygands Arbeiten ist kaum etwas bekannt, doch steht zu vermuten, daß er Richard Kuhns Vitaminforschungen im Zusammenhang mit der Kampfstoffforschung auch hier fortsetzte.⁷⁵ Rudolf Fleischmann war nach eigener Aussage in Straßburg nicht mehr am Uranprojekt beteiligt.

Seine Aufgabe in Straßburg war, künstlich radioaktive Isotope auf ihre Eignung für medizinisch-biologische Tracer-Experimente zu untersuchen und bereitzustellen. Dazu mußte zunächst eine Anlage für Elektronenbeschleunigung gebaut werden; man entschied sich für einen Generator nach dem Cockroft-Walton-Prinzip, der von der Firma Philips (Eindhoven) bereits kommerziell vertrieben wurde und über die deutsche Firma Röntgen-Müller in Hamburg bezogen werden konnte.⁷⁶ Die Anlage war erst im Juni 1944 betriebsbereit. Die Absprachen waren derart, daß etwa 50 Prozent der Forschung für die Medizin betrieben werden sollten und die anderen 50 Prozent für rein physikalische Untersuchungen genutzt werden konnten.⁷⁷ Ein Luftangriff am 11. August 1944 ließ den Beschleuniger selbst zwar unbeschädigt, doch blieb er unter den gegebenen Umständen betriebsunfähig.⁷⁸ Die Anlage konnte dann aber nach dem Krieg an der nunmehr wieder französischen Université de Strasbourg unter Serge Gorodetzky

75 Vgl. Schmaltz, F., Kampfstoff-Forschung, a.a.O. S. 536ff.

76 Aus dieser Beziehung zu Philips erfuhr später die ALSOS-Mission bereits kurz nach der amerikanischen Landung in Europa, dass Rudolf Fleischmann in Straßburg Kernforschung betreibt. – Vgl. Goudsmit, S. A., ALSOS. (= A Series in The History of Modern Physics, Vol.1) Los Angeles / San Francisco 1983, S. 66.

77 Wieweit Rudolf Fleischmann damals im Rahmen seiner für die Medizin beabsichtigten Forschungen auch darüber informiert (oder gar involviert) war, dass für Untersuchungen zu chemischen Kampfstoffen auch Experimente an KZ-Häftlingen vorgenommen wurden, ließ sich bisher nicht feststellen. Immerhin hatte er 1943 gemeinsam mit Weygand an einer von August Hirt (1898-1945) und dem SS-Ahnenerbe in diesem Zusammenhang organisierten Besprechung in Straßburg teilgenommen (siehe dazu Deichmann, U., Flüchtlinge, Mitmachen, Vergessen. Chemiker und Biochemiker in der NS-Zeit. Weinheim etc. 2001. S. 354). – In einem Interview mit dem Autor (28.5.1997) bestätigte Rudolf Fleischmann zwar die Teilnahme an dieser Sitzung, meinte aber, da sei es nur um bestimmte physikalische und chemische Nachweismethoden gegangen, und von den Menschenversuchen habe er erst in amerikanischer Gefangenschaft im April 1945 erfahren.

(1907-1999) relativ schnell in Betrieb genommen werden.

Auf die Nachkriegsentwicklungen am Heidelberger Institut, das schließlich als Max-Planck-Institut für medizinische Forschung weitergeführt wurde, kann hier nicht eingegangen werden. Das Physik-Institut wurde nach Walter Bothes Tod aus dem nunmehrigen Max-Planck-Institut für medizinische Forschung herausgelöst und unter Wolfgang Gentners Leitung in einem Neubau in Heidelberg als Max-Planck-Institut für Kernphysik weitergeführt bzw. neu gegründet.

Wie gesagt, war das Heidelberger Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung eines der ersten Kaiser-Wilhelm-Institute, an welchem in größerem Maßstab ein interdisziplinäres Konzept umgesetzt werden sollte. Für Forschung in Grenzgebieten erscheint dies noch mehr ein notwendiger Ansatz zu sein als für „normale“ Grundlagenforschung. Doch setzt Forschung in Grenzgebieten auch eine Kohärenz der interdisziplinären Arbeit voraus, die zwar in den Planungen vorgesehen ist, in der Realität aber oft an den Abteilungsgrenzen zerbricht. Auch im Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung funktionierte die interdisziplinäre Zusammenarbeit – aus den verschiedensten kurz angedeuteten Gründen – nur am Anfang. Hier liegen die Ursachen relativ klar, aber meist läßt sich über sie nur spekulieren. Auch in der Max-Planck-Gesellschaft gibt es verschiedene erfolgversprechende und auch erfolgreiche Ansätze. Die Erfahrung zeigt aber, daß echte Kooperation zwischen Instituts-Abteilungen in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft wie der Max-Planck-Gesellschaft eher die Ausnahme ist; eher kooperieren einzelne Abteilungen verschiedener Institute als solche ein und desselben Instituts.

- 78 Vgl. Kant, H., Betrachtungen zur Physik an der Reichsuniversität Straßburg 1942-1944. – In: Les Reichsuniversitäten de Strasbourg et de Poznan et les résistances universitaires 1941-1944. Hrsg. v. Christian Baechler, François Igersheim, Pierre Racine (= Collection Les Mondes Germaniques 12). Presses Universitaires de Strasbourg 2005. S. 185 – 203; Kant, H., Contribution à l'histoire de la physique à Strasbourg 1941-1944. – In: La science sous influence – L'université de Strasbourg enjeu des conflits franco-allemands 1872-1945. Ed. by Elisabeth Crawford et Josiane Olf-Nathan. Strasbourg, La Nuée Bleue 2005. S. 257 – 267. Auch: Weiss, B., Der Kernphysiker Rudolf Fleischmann und die Medizin an der Reichsuniversität Straßburg. – In: NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin. 14(2006)2, S. 107 – 118.

Das Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt: Gründungsintention und Gründungsprozess

Obwohl Wissenschaftsforschung weiter nichts ist als die Verselbständigung des selbstreflexiven Moments, das allem wissenschaftlichen Tun eigen ist¹, verhält sie sich gegenüber sich selbst – ihrer Herkunft, ihren Erkenntnisvoraussetzungen und ihren Wirkungsbedingungen – in der Regel wenig reflexiv. Dabei verfügt sie bereits über eine ansehnliche Geschichte, die ihr zeigen könnte, inwieweit sie der Agenda ihrer Pioniere treu geblieben ist oder inwieweit sie sich von ihr entfernt hat.

Das Thema dieser Tagung fordert die Wissenschaftsforschung in besonderer Weise heraus. Natürlich ist Interdisziplinarität ein Modus ihres Untersuchungsobjekts, der wissenschaftlichen Tätigkeit, und zudem einer, in dem sich die Akteure noch weniger auf Routinen verlassen können und daher noch bewusster vorgehen müssen als beim Arbeiten im disziplinären Rahmen. Darüber hinaus aber findet Wissenschaftsforschung Interdisziplinarität nicht nur in ihrem Objektbereich vor, sondern muss sie auch selbst praktizieren. Die Pioniere wie John Desmond Bernal oder Derek J. de Solla Price pflegten zu sagen, dass die „science of science“ – wie man die Wissenschaftsforschung ursprünglich nannte – darin bestände, die Wissenschaft auf sich selbst anzuwenden. Was aber bedeutet eine solche „Selbstanwendung“ in einer Situation, in der ihr Objekt als ein polydisziplinäres Gebilde vorliegt? Viele Disziplinen sind geeignet, aus ihrer jeweils partiku-

1 Diesen Gedanken hat die Gesellschaft für Wissenschaftsforschung e. V. schon 1995 im Editorial ihres ersten Jahrbuches als ein Leitprinzip ihrer Tätigkeit ausdrücklich hervorgehoben. – Laitko, H. / Parthey, H. / Petersdorf, J.: Vorwort. – In: Wissenschaftsforschung. Jahrbuch 1994/95. Hrsg. von Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Jutta Petersdorf. Marburg: BdWi-Verlag 1996, S. 9 – 15. – Nach Peter Weingart lässt sich das Aufkommen der Wissenschaftsforschung „als logische Weiterentwicklung des Wissenschaftssystems in Richtung Ausdifferenzierung einer Reflexionstheorie im Sinne Luhmanns interpretieren“. – Weingart, P., Wahlverwandschaften. – In: NTM. Z. f. Gesch. der Wiss., Technik u. Med. N.S. 18 (2010) 3, S. 393 – 399, hier S. 395.

laren Sicht das Ganze der Wissenschaft in den Blick zu nehmen – manche mit einer beachtlichen Tradition. Aber auf diesem Weg wird die Wissenschaftsforschung kein Ganzes, sondern besteht nur in einem Nebeneinander so vieler Disziplinen oder Spezialgebiete, wie jeweils zur Untersuchung von Phänomenen oder Aspekten der Wissenschaft eingesetzt werden.

Das ist es nicht, was mit Wissenschaftsforschung eigentlich gemeint war. Ihre Begründer hatten – mehr oder minder ausgeprägt – eine synthetische Selbstreflexion der Wissenschaft im Auge, der man sich nicht anders als durch interdisziplinäres Vorgehen nähern kann. Einen überaus ehrgeizigen Ansatz, der sich dieser Aufgabe und ihrer Tücken voll bewusst war, versuchte das Institut, um das es in diesem Beitrag geht. Ursprünglich sollte es das Adjektiv „interdisziplinär“ sogar im Namen tragen. Die Einzigartigkeit dieses Instituts bestand dabei in erster Linie in seiner extrem weiten Perspektive: Sein Forschungsinteresse richtete sich primär auf den Gesamtkomplex der gesellschaftlichen Veränderungen, die auf direkte und indirekte Auswirkungen von Wissenschaft und Technik zurückgeführt werden können, und wandte sich von hier aus der Wissenschaft und ihrer Verantwortung zu, während die meisten anderen zu jener Zeit geschaffenen Institutionen der Wissenschaftsforschung primär auf das soziale Dasein, die Institutionalisierung und die Organisation der Wissenschaft orientiert waren und von diesem Ausgangspunkt her ihren Horizont sukzessiv auf die gesellschaftlichen Implikationen der Wissenschaft in ihrer ganzen Vielfalt erweiterten. Insofern würde man den Intentionen der Starnberger Gründung nicht gerecht, wollte man sie ausschließlich als ein Institut für Wissenschaftsforschung betrachten. Unzweifelhaft aber schloss ihre Agenda einen außergewöhnlich anspruchsvollen, auf das Ausloten der epistemischen, sozialen und anthropologischen Grundlagen der Wissenschaft gerichteten Ansatz für die Wissenschaftsforschung ein. Der vorliegende Beitrag erinnert an diesen Ansatz. Bei ihm handelt es sich nicht um eine analytische Arbeit, sondern lediglich um einen auf Dokumente des Archivs der Max-Planck-Gesellschaft gestützten historischen Bericht.

Dabei beschränkt sich die Darstellung auf das Gründungsgeschehen. Der weitere Entwicklung des Instituts bis zu seiner Auflösung wirft Fragen auf, die ich vorläufig nicht zufriedenstellend beantworten kann. Ich hoffe, das bei späterer Gelegenheit tun zu können – auch das Ende des Instituts dürfte interessante Lehren vermitteln². Aber der Aufbruch – wie oft bei Neuansätzen – ist besonders interessant, weil er einen gedanklichen Überschuss enthält, der in der Praxis des Instituts nicht aufgebraucht worden ist und wertvollstes geistiges Erbe für die Wissenschaftsforschung und darüber hinaus für eine Reihe weiterer, mit der Untersuchung von Auswirkungen der Wissenschaft auf das Leben der Gesellschaft betrauter Gebiete enthält. Der Gründungsdirektor ging von vornherein darauf

aus, in der Initialphase einen solchen konzeptionellen Überschuss zu schaffen, um nicht kurzatmig nach Projektthemen suchen zu müssen, sondern in einer Situation der Fülle mit Bedacht jene Themen auswählen zu können, die im weiteren Verlauf projektförmig bearbeitet werden sollten: „Ich wünschte, dass wir uns in einer anfänglichen gemeinsamen Anstrengung einen Überblick über die uns erkennbaren gemeinsamen Fragen verschafften, um dann die meisten von ihnen fallenzulassen und eine kleine Auswahl aus ihnen in entschlossener erneuter Spezialisierung zu bearbeiten“³. Die „fallengelassenen Fragen“ sind aber meist nicht nur in Form dürrer Überschriften überliefert; zu ihnen liegen umfang- und gedankenreiche Ausarbeitungen aus der konzeptionellen Phase des Instituts vor.

1. *Der Gründungskontext: eine kreative Phase der Weltgeschichte*

Das erste aktenkundige Dokument, das den Gründungsprozess des Instituts in Gang setzte, stammt vom November 1967.⁴ Über die Abstimmungen, die dem Gründungsvorschlag vorausgegangen sein müssen, sind mir bisher keine Quellen bekannt. Bei von Carl Friedrich von Weizsäcker selbst heißt es, ihm sei 1967 von mehreren Seiten die Gründung eines Instituts nahegelegt worden: „Ich folgte einer Anregung der MPG“⁵. Nach Angabe von Manfred Drieschner hatte der da-

2 Der früheste Versuch einer retrospektiven Gesamteinschätzung stammt von Carl Friedrich von Weizsäcker selbst. Er schrieb den umfangreichen Aufsatz *Erforschung der Lebensbedingungen* im Juni 1979, ein Jahr vor der im Zusammenhang mit seiner Emeritierung erfolgten Schließung seiner Abteilung, die schließlich auch das Ende des Instituts im ganzen zur Folge hatte. Dem Band, in dem er ihn 1981 veröffentlichte – eine Sammlung von im weitesten Sinne politischen Texten aus seiner Feder –, ist eine Zueignung vorangestellt: „Den Mitarbeitern des Max-Planck-Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt (1970 – 1980) gewidmet“. – Weizsäcker, C. F. v., *Der bedrohte Friede. Politische Aufsätze 1945 – 1981*. München: Carl Hanser Verlag 1981. S. 449 – 485. – Manfred Drieschner, ein früherer Mitarbeiter des Instituts, hat ein Vierteljahrhundert später ein mit persönlichen Erinnerungen verbundenes Porträt dieser Einrichtung publiziert: Drieschner, M., *Die Verantwortung der Wissenschaft. Ein Rückblick auf das Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt (1970 – 1980)*. – In: *Wissenschaft und Öffentlichkeit*. Hrsg. v. Tanja Fischer u. Rudolf Seising. Frankfurt a. M.: Lang 1996. S. 173 – 198. Im vorliegenden Beitrag wird dieser Aufsatz in seiner online verfügbaren erweiterten Fassung zitiert: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/philosophy/staff/drieschner/beding.htm> (Ausdruck: 29.3.2010).

3 Weizsäcker, C. F. v., *Erforschung* (1979). S. 463.

4 Vorschlag zur Gründung eines Max-Planck-Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt vom 1. 11. 1967. – In: *Archiv der Max-Planck-Gesellschaft* (im folgenden: MPA) II. Abt. Rep. 9 Nr. 13. – Die in diesem Beitrag verwendeten Akten des Instituts sind nicht paginiert; soweit Seitenzahlen angegeben werden, beziehen sie sich auf die interne Seitennummerierung des jeweiligen Dokuments.

malige Max-Planck-Gesellschaft-Generalsekretär Friedrich Schneider ein Institut geplant, das Wissenschaftspolitik und Politikberatung durch die Wissenschaft theoretisch fundieren sollte, und hatte von Weizsäcker vorgeschlagen, sich mit diesen Plänen zu beschäftigen.⁶

Die 1960er Jahre waren für die Wissenschaftsforschung eine Zeit des Aufbruchs, der sich länder- und systemübergreifend vollzog und mit dem globalen Systemwettbewerb interagierte. 1964 gaben Maurice Goldsmith und Alan Mackay in London den Sammelband *The Science of Science. Society in the technological age*⁷ anlässlich des 25jährigen Jubiläums des Erscheinens von John Desmond Bernal's Klassiker *The Social Function of Science*⁸ heraus. John Desmond Bernal selbst steuerte für diesen Band den Aufsatz *After 25 years* bei, in dem die oft zitierte Passage steht, die „science of science“ sei „der wahrhaft sensationelle Fortschritt der zweitens Hälfte unseres Jahrhunderts“⁹. Derek J. de Solla Price verfasste einen Artikel, der unter dem Titel *The Science of Science* dieses Arbeitsgebiet selbst skizzierte. Wenn man, so Derek J. de Solla Price, die Frage stellt, ob die Wissenschaft selbst Gegenstand der Analyse werden könne, so laute die Antwort, sie könne dies nicht in einer, sondern in mehrfacher Hinsicht sein. Die betreffenden Gebiete befänden sich teilweise in schneller Entwicklung. Aber ihre Forschungsmethoden seien diejenigen der Herkunftsdisziplinen: Die Wissenschaftsgeschichte gehöre zum Komplex der historischen Disziplinen, die Wissenschaftssoziologie sei in erster Linie Soziologie und so weiter. Es gebe aber Anzeichen dafür, dass die Gebiete sich annäherten und im Begriff seien, ein einheitliches Ganzes zu bilden, das mehr sei als die Summe seiner Teile. Er – Derek J. de Solla Price – bevorzuge dafür die Bezeichnung „science of science“, denn die Wiederholung des Terminus sei eine ständige Erinnerung daran, dass „science“ sowohl im ersten als auch im zweiten Teil des Ausdrucks in der ganzen Skala der Bedeutungen verstanden werden müsse.¹⁰

Forscher wie John Desmond Bernal und Derek J. de Solla Price diskutierten in den frühen 1960er Jahren den epistemologischen und methodologischen Sta-

5 Weizsäcker, C. F. v., *Erforschung* (1979), S. 456.

6 Drieschner, M., *Die Verantwortung* (1996), S. 3.

7 *The science of science. Science in the technological age*. Hrsg. v. Maurice Goldsmith u. Alan Mackay. London: Souvenir Press 1964; russ.: *Nauka o nauke (sbornik statej)*. Moskva: Izdatel'stvo Progress 1966.

8 Bernal, J. D., *The Social Function of Science*. London: George Routledge & Sons 1939; dt.: *Die soziale Funktion der Wissenschaft*. Hrsg. v. Helmut Steiner. Berlin: Akademie-Verlag 1986.

9 Bernal, J. D., *Fünfundzwanzig Jahre später* [1964]. In: Bernal, J. D. (1986). S. 1 – 17, hier S. 8.

10 Angaben hier nach der russ. Edition: Price, D., *Nauka o nauke*. In: *Nauka o nauke* (1966). S. 236-254, hier S. 240 – 241, 244.

tus der neuen Forschungsrichtung, doch sie konnten noch nicht über Institutionalisierungen berichten. Das Bewusstsein, dass man sie institutionalisieren sollte und dies auch mit großer Dringlichkeit zu geschehen habe, brach sich binnen weniger Jahre Bahn. Das Max-Planck-Institut gehörte zu den frühen Gründungen dieser Art, doch es war keineswegs das einzige in Europa, sondern ordnete sich in eine ganze Kohorte von Institutionalisierungen ein. Auch in der DDR wurden zwei Einrichtungen der Wissenschaftsforschung, die bis zum Ende dieses Staates Bestand hatten, relativ frühzeitig gegründet, nachdem der 1968 vom Politbüro des ZK der SED verabschiedete Beschluss über die weitere Entwicklung der Gesellschaftswissenschaften die Notwendigkeit artikuliert hatte, „das System der Wissenschaften selbst zum Gegenstand wissenschaftlicher Forschungsarbeit“ zu machen.¹¹ Dieses Signal zur Institutionalisierung führte einerseits zu der im April 1968 im Rahmen der III. Hochschulreform an der Humboldt-Universität Berlin gegründeten Sektion Ökonomische Kybernetik und Operationsforschung, die zum 1. Juli 1970 in Sektion Wissenschaftstheorie und -organisation (WTO) umbenannt und gemäß der neuen Bezeichnung reorganisiert wurde¹², und andererseits zu dem bei der Deutschen Akademie der Wissenschaften (DAW) zu Berlin gebildeten Institut für Wissenschaftstheorie und -organisation (IWTO), das später in Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft (ITW) umbenannt wurde.¹³ Das vom Stifterverband in Auftrag gegebene Memorandum zu Stand und Perspektiven der Wissenschaftsforschung in der Bundesrepublik Deutschland, an dem seit Sommer 1971 eine Projektgruppe an der

- 11 Die weitere Entwicklung der marxistisch-leninistischen Gesellschaftswissenschaften in der DDR. Beschluss des Politbüros des Zentralkomitees der SED vom Oktober 1968. – In: Einheit 13 (1968) 12, S. 1455 – 1470, hier S. 1460.
- 12 Langner, E. / Schulze, D., Entwicklung und Aufgaben der Sektion Wissenschaftstheorie und -organisation. – In: Wissenschaftswissenschaft in Lehre und Forschung. Hrsg. v. Dieter Schulze, Edo Albrecht, Erich Langner, Franz Loeser u. Ulrich Sucker. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion WTO 1978. S. 9 – 3; Fuchs-Kittowski, K. / Albrecht, E. / Langner, E. / Schulze, D., Entwicklung und Abwicklung der Sektion Ökonomische Kybernetik und Operationsforschung / Wissenschaftstheorie und -organisation. – In: Die Humboldt-Universität Unter den Linden 1945 bis 1990. Zeitzeugen – Einblicke – Analysen. Hrsg. v. Wolfgang Girmus u. Klaus Meier. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag 2010. S. 155 – 197.
- 13 25 Jahre Wissenschaftsforschung in Ost-Berlin. „Wie zeitgemäß ist integrierte Wissenschaftsforschung?“ – Reden eines Kolloquiums. Hrsg.: v. Hansgünter Meyer. Schriftenreihe des Wissenschaftssoziologie und -statistik e. V. Berlin, H. 10, 1996; Laitko, H., Zur Institutionalisierung der Wissenschaftsforschung in der DDR um 1970. Die Gründung des IWTO. – In: Soziologische Zeitgeschichte. Helmut Steiner zum 70. Geburtstag. Hrsg. v. Nikolai Genov u. Reinhard Kreckel. Berlin: edition sigma 2007. S. 111 – 146; Kröber, G., Wissenschaftsforschung. Einblicke in ein Vierteljahrhundert 1967 bis 1992. Schkeuditz: Schkeuditzer Buchverlag 2008.

Universität Ulm arbeitete, enthielt schließlich eine weltweite Bestandsaufnahme, aus der ersichtlich war, dass in den Jahren um 1970 in vielen Staaten Gruppen und Institute für Wissenschaftsforschung entstanden waren.¹⁴

Die Formierung der Wissenschaftsforschung wiederum bildete nur ein Moment eines komplexeren geistigen Aufbruchs, der von der vielgestaltigen Diagnose einer globalen Krisensituation seinen Ausgang nahm und sich in breiten gesellschaftlichen Bewegungen von den Achtundsechzigern bis zum Prager Frühling artikulierte.¹⁵ Das Bedürfnis, mit wissenschaftlichen Mitteln in die Zukunft zu blicken, wurde allgemein. Überall wurden Prognosen verschiedenster Art und mit unterschiedlichen Zeithorizonten erarbeitet, teils als technokratische Projektionen unerschütterter Fortschrittsgewissheit, teils zur Validierung des verbreiteten Krisengefühls und zur Warnung vor dem unkritischen Fortschreiben bedenklicher Trends.¹⁶ Die der Prognosepraxis unterlegte Zukunftsforschung oder Futurologie blühte.¹⁷ Der Gedanke verbreitete sich, dass die Zukunft nicht deterministisch festgelegt, sondern optional sei; man begann in diesem Kontext, nicht mehr nur von der Zukunft im Singular, sondern von Bündeln möglicher Zukünfte zu sprechen, zwischen denen die Menschheit die Wahl habe. Diese Formulierung wurde von prominenten Zukunftsforschern wie Robert Jungk programmatisch gebraucht.¹⁸ Rückblickend erläuterte Ossip K. Flechtheim den Gebrauch des Plurals „Zukünfte“ mit folgenden Worten: „Die Zukunft ist niemals eindeutig festgelegt, innerhalb bestimmter Grenzen oder, wie man heute sagt, Parameter bleiben mehrere Wege offen. Deshalb hat die Pluralform „Zukünfte“ ihre Berechtigung. Vieles mag unwiederbringlich verloren und in Zukunft nicht mehr möglich sein, aber noch können wir zwischen verschiedenen Zukünften wählen“¹⁹. Eine solche Wahlentscheidung erschien aber weniger als Luxus hochentwickelter Freiheit, sondern eher als existenzielle Notwendigkeit, weil die Fortschreibung der tradierten industriegesellschaftlichen Trends – sei es

14 Projektgruppe Wissenschaftswissenschaft (H. Baitsch, Th. M. Fliedner, J. B. Kreutzkam, I. S. Spiegel-Rösing), Memorandum zur Förderung der Wissenschaftsforschung in der Bundesrepublik Deutschland. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Dezember 1973.

15 Weltwende 1968? Ein Jahr aus globalgeschichtlicher Perspektive. Hrsg. v. Jens Kästner u. David Mayer. Wien: Mandelbaum-Verlag 2008; 1968, memories and legacies of a global revolt. Hrsg. v. Philipp Gassert u. Martin Klimke. Washington, DC: German Historical Institute 2009.

16 The year 2000: A framework for speculation on the next 33 years. Hrsg. v. Herman Kahn u. Anthony J. Wiener. New York: Macmillan 1968; Das 198. Jahrzehnt: eine Team-Prognose für 1970 – 1980. Hrsg. v. Claus Grossner. Hamburg: Wegner 1970.

17 Flechtheim, O. K., History and Futurology. Meisenheim: Hain 1966; ders., Futurologie. Der Kampf um die Zukunft. Köln: Verlag Wissenschaft und Politik 1970.

18 Menschen im Jahre 2000. Eine Übersicht über mögliche Zukünfte. Hrsg. von Robert Jungk. Frankfurt am Main: Umschau-Verlag 1969.

in ihrer kapitalistischen, sei es in ihrer sozialistischen Variante – zunehmend als letal für die Menschheit erkannt und nach einem tragfähigen Ausweg aus dem Dilemma gesucht wurde. Eine klassische Formulierung dieses Dilemmas gab Radovan Richta, einer der Vordenker des „Prager Frühlings“, der in seinem Buch *Civilizace na rozcestí* die Weltzivilisation an einem Scheideweg sah.²⁰

Das langfristig vielleicht folgenreichste Ereignis des Jahres 1968, das in der umfangreichen Literatur über dieses historische Jahr in der Regel übersehen wird, war die Gründung des Club of Rome²¹. Von diesem Gremium wurde, finanziert aus Mitteln der Volkswagenstiftung, im Juli 1970 ein aus siebzehn Forschern verschiedener Herkunftsländer und -disziplinen bestehendes Team unter Leitung von Dennis Meadows vom M.I.T. in Cambridge (Mass.) mit einer systemisch korrelierten Analyse fundamentaler Welttrends beauftragt, deren schon 1972 unter dem Titel *Limits to Growth* publiziertes Ergebnis weltweites Aufsehen erregte.²² Die Geschichte dieses Projekts und das Zustandekommen seiner Finanzierung durch eine deutsche Stiftung ist neuerdings von Friedemann Hahn analysiert worden; er gibt auch ein detailliertes Bild der geistigen Atmosphäre der Bundesrepublik um 1970, in der die Rezeption des Meadows-Reports erfolgte.²³ Aus dieser Atmosphäre hochgespannten gesellschaftlichen Problembewusstseins ging auch das durch von Carl Friedrich von Weizsäcker begründete Institut hervor, und in sie trat es als ein neuer korporativer Akteur ein. Auch Carl Friedrich von Weizsäcker wurde nach eigenen Angaben gebeten, Mitglied des Club of Rome zu werden, doch er lehnte wegen seiner hohen Belastung durch den Aufbau des Instituts ab.²⁴

2. *Der Initiator: Carl Friedrich von Weizsäcker*

Ehrensator der Max-Planck-Gesellschaft Hans Dölle vom Hamburger Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Privatrecht sagte in einer

19 Flechtheim, O. K., *Ist die Zukunft noch zu retten?* Hamburg: Hoffmann & Campe 1987, S. 41; Kessler, M., *Ossip K. Flechtheim. Politischer Wissenschaftler und Zukunftsdenker (1909 – 1998)*. Köln / Weimar / Wien: Böhlau Verlag: 2007, S. 158 – 173.

20 Richta, R., *Civilizace na rozcestí*. Praha: Nakladatelství Svoboda 1967.

21 Streich, J., *30 Jahre Club of Rome: Anspruch – Kritik – Zukunft*. Basel / Boston / Berlin: Birkhäuser 1997.

22 Meadows, D. / Meadows, D. / Zahn, E. / Milling, P., *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 1972.

23 Hahn, F., *Von Unsinn bis Untergang: Rezeption des Club of Rome und der Grenzen des Wachstums in der Bundesrepublik der frühen 1970er Jahre*. Phil. Diss. Freiburg im Breisgau: Albert-Ludwigs-Universität 2006.

24 Weizsäcker, C. F. v., *Erforschung* (1979), S. 468.

Diskussion um die Gründung des Instituts, „dass in diesem Fall dem Prinzip der KWG [so steht es im Protokoll, und es war vermutlich kein Schreibfehler – H. L.], ein Institut um eine Persönlichkeit nach deren Vorstellungen zu gründen, in besonders reiner Form entsprochen werden könne“²⁵. Gerade so verhielt es sich. Das Institutsprojekt war nicht nur im wesentlichen von Carl-Friedrich von Weizsäcker entworfen worden – es war auch die logische Konsequenz seines ganzen bis dahin zurückgelegten Lebensweges.²⁶ In seinen im Februar 1968 verfassten persönlichen Ergänzungen zum Gründungsvorschlag schilderte er die Entwicklung seiner Arbeiten während des vorhergehenden Jahrzehnts und formulierte als deren Konsequenz: „Es ist die Struktur dieser philosophischen Gedanken selbst, die mich nötigt, heute einen Übergang aus der ‚stillen Klausur‘ des geisteswissenschaftlichen Ordinariats alten Stils in die organisierte Institutsarbeit anzustreben. Blicke ich auf die Hilfsmittel des Ordinariats beschränkt, so müsste ich mich im theoretischen Bereich darauf beschränken, die oben skizzierten Gedanken in einem philosophischen Buch in einer wissenschaftlich weitgehend dilettantisch bleibenden Art darzustellen, während ein Institut mir die Gelegenheit zur Auseinandersetzung mit dem Sachverstand jüngerer Physiker, Kybernetiker, Sozialwissenschaftler... gäbe. Ebenso kann ich die praktische Verantwortung politischer Äußerungen schon heute nicht mehr tragen ohne die Aufbereitung des unermesslichen Materials durch stärker spezialisierte Mitarbeiter“²⁷. Auch aus der Entwicklung seiner persönlichen Forschungsinteressen heraus identifizierte er sich voll mit der im Gründungsvorschlag dargelegten Institutsidee: „Zur egozentrischen Betrachtungsweise aufgefordert, darf ich vielleicht sagen, dass die vorgeschlagene Institutsstruktur eben diejenige ist, die ich erbitten würde, wenn mir die Gründung eines Instituts zur Förderung der mich interessierenden Arbeiten ohne eine von außen aufgezwungene thematische Festlegung vorgeschlagen würde“²⁸. Wichtige Details zur autobiographischen Verwurzelung der Institutsidee

- 25 Niederschriften von Sitzungen des Senats der MPG. 61. Sitzung vom 30.11.1968 in Dortmund. – In: MPA (ohne Signatur).
- 26 Eine akademische Biographie von Weizsäckers liegt bisher noch nicht vor. Bausteine dazu enthalten zahlreiche Veröffentlichungen zu Leben und Werk, darunter: Einheit der Natur – Entwurf der Geschichte. Begegnungen mit Carl Friedrich von Weizsäcker. Hrsg. v. Wolfgang Krohn u. Klaus M. Meyer-Abich. München: Hanser 1997; Hettrup, D., Carl Friedrich von Weizsäcker. Physiker und Philosoph. Darmstadt: Primus: 2004; Drieschner, M., Carl Friedrich von Weizsäcker. Einführung. Wiesbaden: Panorama 2005.
- 27 Weizsäcker, C. F. v., Ergänzungen zu dem Antrag auf Gründung eines MPI zur Untersuchung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt, 15.2.1968, S. 5. – In: MPA II. Abt. Rep. 9 Nr. 13.
- 28 Ebenda, S. 2.

enthält ferner Carl Friedrich von Weizsäcker im April 1969 niedergeschriebenes, aber erst 1981 veröffentlichtes Manuskript Gedanken zum Arbeitsplan.²⁹

Der Lebensweg, der hinter dem Gründungsvorschlag steht, ist nicht mit den Maßstäben einer normalen Wissenschaftlerkarriere zu messen, obwohl er äußerlich gesehen diesen durchaus entspricht. Er war jedoch in einem solchen Grade in die ganze Dramatik der Geschichte des 20. Jahrhunderts verwickelt, dass es von Weizsäcker – jedenfalls ab 1945 – ganz unmöglich war, das Leben eines auf sein Spezialistentum zurückgezogenen Fachwissenschaftlers zu führen. Mit seinen kernphysikalischen Arbeiten stand er den Entwicklungen, die zur Atombombe führten, sehr nahe. Als Physiker war er Schüler von Niels Bohr, Werner Heisenberg und Friedrich Hund. 1935 fand er eine halbempirische Formel zur Bestimmung der Bindungsenergie von Atomkernen nach dem Tröpfchenmodell.³⁰ 1937/38 schuf er die Theorie eines der Mechanismen, nach denen die energiefreisetzende Synthese von Helium aus Wasserstoff im Inneren von Sternen abläuft, des CNO-Zyklus³¹; unabhängig von ihm entschlüsselte auch Hans A. Bethe in den USA diesen Zyklus³². An die parallele Entdeckung erinnert die Bezeichnung Bethe-Weizsäcker-Zyklus. Später war Carl Friedrich von Weizsäcker am deutschen Uranprojekt beteiligt und entwickelte dort eine Theorie der Plutoniumbombe. Es war sein Glück wie das der anderen in das Uranprojekt einbezogenen Physiker, dass die Ressourcen, die das Naziregime aufbieten konnte, für eine effektive Bombenentwicklung viel zu gering waren. Zusammen mit den anderen führenden deutschen Atomwissenschaftlern wurde er 1945 für acht Monate im britischen Farm Hall interniert.³³ Der Einsatz der Atombomben gegen Japan, der in die Zeit der Internierung fiel und im Kreis der Internierten eingehend erörtert wurde, erschütterte ihn zutiefst, und als er 1946 Abteilungsleiter

29 Weizsäcker, C. F. v., Gedanken zum Arbeitsplan. – In: Ders., *Der bedrohte Friede* (1981), S. 181 – 213.

30 Weizsäcker, C. F. v., Zur Theorie der Kernmassen. – In: *Z. f. Physik* 96 (1935), S. 431 – 458.

31 Weizsäcker, C. F. v., Über Elementumwandlungen im Innern der Sterne. – In: *Phys. Z.* 38 (1937), S. 176 – 191, 39 (1938), S. 633 – 646.

32 Bethe, H., Energy production in stars. – In: *Physics Review* 55 (1939), S. 434 – 456. – Bethe wurde dafür mit dem Nobelpreis für Physik 1967 geehrt.

33 Die Mitschnitte der in Farm Hall zwischen den deutschen Wissenschaftlern geführten Gespräche geben wichtige Einblicke in die Genese der Auffassungen von Weizäckers über die Verantwortung der Wissenschaft und des Wissenschaftlers in der modernen Gesellschaft. – *Operation Epsilon. Die Farm-Hall-Protokolle oder Die Angst der Alliierten vor der deutschen Atombombe*. Hrsg. v. Dieter Hoffmann. Berlin: Rowohlt 1993. – Siehe insbesondere die Einführung des Herausgebers (S. 9 – 59) und das am 3. Juni 1993 in Köln von Dieter Hoffmann, Helmut Rechenberg und Tilman Spengler mit Carl Friedrich von Weizsäcker geführte Gespräch *Farm Hall und das deutsche Uranprojekt* (S. 331 – 360).

am Max-Planck-Institut für Physik in Göttingen und daneben auch Honorarprofessor an der Georg-August-Universität wurde, konnte er kein unpolitischer Naturwissenschaftler sein. Der Fragenkomplex des Verhältnisses von Wissenschaft und Moral, der Verantwortung des Wissenschaftlers in der heutigen Gesellschaft beherrschte sein Denken immer stärker, und zwar nicht als ein unverbindlicher akademischer Gegenstand, sondern als eine verpflichtende Thematik, die den Naturwissenschaftler auch zu politischer Aktion bindet.

Die ethisch-reflexive Haltung Carl Friedrich von Weizsäckers, die im Großen durch das Erleben der zwiespältigen Folgen seines eigenen Forschungsgebietes in der Physik befördert wurde, dürfte eine zweite Wurzel im Privaten gehabt haben, in der unumgänglichen inneren Auseinandersetzung mit den politischen Verwicklungen des eigenen Elternhauses. Als er sich als junger Physiker mit der Erforschung der Kernreaktionen im Sterninneren befasste, stieg sein Vater, der deutsche Diplomat Ernst von Weizsäcker, in Spitzenpositionen der nationalsozialistischen Außenpolitik auf. Er wurde Staatssekretär im Auswärtigen Amt, aber auch SS-Ehrenführer mit dem Rang eines SS-Brigadeführers im Stab des Reichsführers SS. Im April 1949 wurde er im sogenannten Wilhelmstraßen-Prozess in Nürnberg wegen seiner Unterschrift unter Anweisungen zur Deportation französischer Juden nach Auschwitz zu fünf Jahren Haft verurteilt, aus der er allerdings im Zuge einer allgemeinen Amnestie bereits im Oktober 1950 wieder freikam.³⁴

Die Ambivalenz der Wissenschaft und die Verführbarkeit des Menschen waren für von Carl Friedrich von Weizsäcker existentielle Probleme, denen allein mit politischen Aktionen und Manifestationen nicht auf den Grund zu kommen war. Sein ohnehin schon durch die Beschäftigung mit physikalischen Grundlagentheorien entwickeltes philosophisches Interesse – seine Lehrer Niels Bohr und Werner Heisenberg waren bekanntlich philosophische Denker von Rang – vertiefte sich in diesem Spannungsfeld bis zu den fundamentalen Fragen nach dem Wesen des Menschen, des menschlichen Bewusstseins und der menschlichen Erkenntnis. Diese innere autobiographische Entwicklung verlief mit einer solchen Intensität, dass ein prinzipieller Wechsel der Arbeitsschwerpunkte heranreifte. Er war nicht mehr nur ein philosophisch interessierter Physiker, sondern mehr und mehr auch professioneller Philosoph mit besonders enger Verbindung zu Grundlagenfragen der Physik. 1957 folgte er einem Ruf auf einen Lehrstuhl für Philoso-

34 Wein, M., *Die Weizsäckers. Geschichte einer deutschen Familie*. Stuttgart: DVA: 1988; Lindner, R., *Freiherr Ernst Heinrich von Weizsäcker, Staatssekretär Ribbentrops von 1938 bis 1943*. Lippstadt: Robe-Verlag 1997; Knigge, J., *Der Botschafter und der Papst. Weizsäcker und Pius XII. Die deutsche Vatikanbotschaft 1943 – 1945*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac 2008.

phie an der Universität Hamburg. Eine Reihe von Teilnehmern des von ihm dort geleiteten philosophischen Seminars nahm er später mit nach Starnberg.

Vielleicht war die 1956 aufflammende Debatte um die angestrebte Ausrüstung der Bundeswehr mit taktischen Atomwaffen der letzte Auslöser für den beruflichen Wechsel. Vor allem aber machte sie von Weizsäcker zu einer Figur der politischen Öffentlichkeit – als einen der legendären „Göttinger Achtzehn“, die sich mit wissenschaftlicher Kompetenz und aus wissenschaftlicher Verantwortung gegen die Atomrüstungspläne wandten und deren Auftreten erheblich zur Mobilisierung der öffentlichen Meinung beitrug, gegen die jene Pläne nicht weiter verfolgt werden konnten.³⁵ Neben seinem unmittelbaren Effekt hatte der Appell der „Göttinger Achtzehn“ eine wichtige wissenschaftliche Langzeitwirkung, die auch für die hier behandelte Institutsgründung von maßgeblicher Bedeutung war. Heisenberg, von Weizsäcker und einige andere aus diesem Kreis gründeten als Konsequenz aus der Erfahrung des Protestes 1959 die Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW), die sich die Aufgabe stellte, die Entwicklung des Verhältnisses von Wissenschaft und Gesellschaft kritisch zu begleiten und zu problematischen Situationen und Tendenzen warnend und konstruktiv öffentlich Stellung zu beziehen. Das tut sie auch heute noch; so war sie 2005/6 Schirmherrin des Potsdamer Manifests *We have to learn to think in a new way*³⁶. Um nicht ad hoc reagieren zu müssen, bildete die Vereinigung – mit bescheidenen Mitteln – kleine, interdisziplinär arbeitende Studien- und Projektgruppen, auch zur Rolle der Wissenschaft selbst, die ihr das für substantielle Stellungnahmen notwendige wissenschaftliche Hinterland boten. Die dort in den 1960er Jahren Carl Friedrich von Weizsäcker geleitete Forschungsstelle, die an einer großen Studie über Kriegsfolgen und Kriegsverhütung arbeitete, war gleichsam das Starnberger Institut in nuce. Sie bildete seit Mitte 1969 auch den organisatorischen Stützpunkt für die vorbereitenden Arbeiten zum Institutsaufbau. Den ersten einer ganzen Reihe vorbereitender Rundbriefe an die Mitarbeiter des künftigen Instituts versandte Jürgen Heinrichs in Juli 1969 aus der VDW-Forschungsstelle in Hamburg³⁷. Mehrere seiner dortigen Mitarbeiter gingen mit Carl Friedrich von

35 Kraus, E., *Von der Uranspaltung zur Göttinger Erklärung: Otto Hahn, Werner Heisenberg, Carl Friedrich von Weizsäcker und die Verantwortung des Wissenschaftlers*. Würzburg: Königshausen und Neumann 2001.

36 *Wissenschaft – Verantwortung – Frieden. 50 Jahre VDW*. Hrsg. v. Stephan Albrecht. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag 2009.

37 Rundbrief 1/69. Betr.: Informationen für Mitarbeiter, die an den Vorbereitungen für das MPI zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt beteiligt sind. – In: MPA II. Abt. Rep. 9 Nr. 13.

Weizsäcker nach Starnberg, darunter Horst Afheldt, Utz-Peter Reich und Philipp Sonntag.

3. *Denkschriften und Memoranden*

3.1. Zeitablauf und Beschlussprocedere

Am 1. November 1967 wurde dem Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft, Adolf Butenandt, eine Denkschrift mit dem Titel Vorschlag zur Gründung eines Max-Planck-Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt eingereicht. Unterzeichner waren sechs Persönlichkeiten, die der Max-Planck-Gesellschaft angehörten oder in enger Beziehung zu ihr standen. Davon waren vier Senatoren der Max-Planck-Gesellschaft, nämlich Wolfgang Bargmann (Direktor des Anatomischen Instituts der Universität Kiel), Klaus von Bismarck (Intendant des Westdeutschen Rundfunks), der namhafte Physiker Walther Gerlach und der Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft Werner Heisenberg. Die beiden anderen Unterzeichner waren Wissenschaftliche Mitglieder der Max-Planck-Gesellschaft: der Historiker Hermann Heimpel und der Physiker und Philosoph Carl Friedrich von Weizsäcker. Es ist sicher, dass die Grundgedanken dieses Vorschlages auf von Weizsäcker zurückgehen. Inwieweit die übrigen fünf Unterzeichner aktiv an der Formulierung beteiligt waren, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden; zu vermuten ist es am ehesten bei Walther Gerlach, bei Hermann Heimpel und vor allem bei Werner Heisenberg, der einst einer der akademischen Lehrer von Carl Friedrich von Weizsäcker war. Wie Carl Friedrich von Weizsäcker später ausführte, wurde dieser erste Vorschlag rein aufgabenbezogen formuliert, ohne Bezugnahme darauf, dass er selbst die Leitung des Instituts übernehmen könnte.

Damit begann das in der Max-Planck-Gesellschaft bei der Behandlung von Vorschlägen zur Gründung neuer Institute übliche Procedere. Am 23. November 1967 befasste sich der Verwaltungsrat der Max-Planck-Gesellschaft erstmalig mit dem Vorschlag und berief einen Beratungskreis aus elf führenden Wissenschaftlern der Gesellschaft. Er war ausgesprochen multidisziplinär zusammengesetzt, das Spektrum reichte von der Rechtswissenschaft bis zur Physik.³⁸ Von den Vorschlagsunterzeichnern gehörten ihm Hermann Heimpel, Wer-

38 Die Daten der einzelnen Schritte des Gründungsprozesses sind einem undatierten, aber nach der Einordnung in die Akten und auch nach dem Inhalt wahrscheinlich aus dem Jahr 1968 stammenden Resümee entnommen: Zusammenfassende Darstellung der Erwägungen zur Gründung eines Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt. – In: MPA II. Abt. Rep. 9 Nr. 13.

ner Heisenberg und Carl Friedrich von Weizsäcker an. Nachdem offenbar Konsens darüber festgestellt worden war, dass allein Carl Friedrich von Weizsäcker als Direktor in Frage komme, erbat der Beratungskreis auf seiner Sitzung am 2. Februar 1968 von diesem ergänzende Informationen auf zwei Ebenen: Erstens wurde der Wunsch nach Konkretisierung des im Antrag nur angedeuteten Arbeitsplanes ausgesprochen, und zweitens sollte von Weizsäcker den Zusammenhang des Planes mit seinen eigenen Arbeiten deutlich machen. Dieser Bitte entsprach er mit einem sehr ausführlichen Konzeptpapier vom 15. Februar 1968.³⁹ Der Verwaltungsrat befasste sich am 4. März erneut mit der Angelegenheit, der Beratungskreis – auch als Präsidentenkommission bezeichnet – empfahl die Gründung.

Auf der 60. Sitzung des Senats der Max-Planck-Gesellschaft am 27. Juni 1968 fand eine eingehende Aussprache statt⁴⁰. Hier kamen nicht mehr nur Argumente von Wissenschaftlern zur Geltung; in der Zusammensetzung des Senats, dem zahlreiche Industrielle und Politiker angehörten, gab sich der Charakter der Max-Planck-Gesellschaft als einer privaten Fördergesellschaft am deutlichsten zu erkennen. Einleitend erklärte Präsident Adolf Butenandt, dass der Vorschlag seines Erachtens größte Aufmerksamkeit verdiene. Entsprechende Bemühungen im In- und Ausland würden zeigen, dass die Zeit für die Beschäftigung mit prognostischer Forschung reif sei. Dabei verwies der Präsident ausdrücklich auf den Vortrag „Die Kunst der Prognose“, den Carl Friedrich von Weizsäcker im Mai 1968 auf der Jahresversammlung des Stifterverbandes in Wiesbaden gehalten hatte⁴¹. Mehrere Senatoren äußerten die Ansicht, die Max-Planck-Gesellschaft sollte sich selbst mit der Erarbeitung von Prognosen befassen oder die Koordinierung der an verschiedenen Stellen betriebenen prognostischen Arbeiten übernehmen. Bundeswissenschaftsminister Gerhard Stoltenberg, ebenfalls Mitglied des Senats, vertrat diesen Standpunkt besonders prononciert. Er sprach sich dafür aus, auch Staat und Wirtschaft an der Planung für das Institut zu beteiligen, und ließ die Besorgnis durchblicken, das Institut könnte zu einem Ort gesellschaftskritischer Bestrebungen werden; man müsse nicht nur den Leiter, sondern auch die übrigen Wissenschaftler sehr sorgfältig auswählen, um eine sinnvolle, von ideologischen und dilettantischen Einflüssen freie Arbeit zu gewährleisten. Skepsis wurde vor allem von Seiten der damals sehr einflussreichen chemischen Großindustrie artikuliert, in erster Linie von Carl Wurster, dem Aufsichtsratsvorsitzenden der

39 Weizsäcker, C. F. Frh. v., Ergänzungen (15.2.1968).

40 Niederschriften von Sitzungen des Senats der Max-Planck-Gesellschaft. 60. Sitzung am 27.6.1968 in Mainz. – In: MPA (ohne Signatur).

41 Weizsäcker, C. F. v., Acht Prognosen. – In: Ders., Der bedrohte Friede (1981), S. 178; ders., Rückblick auf die acht Prognosen (1974). – In: Ebd., S. 179 – 180.

BASF, der zugleich Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft war, und Karl Winnacker, dem Vorstandsvorsitzenden der Farbwerke Hoechst. Ihre Vorbehalte waren aber nicht stark genug, um den Gründungsprozess zu stoppen; kritische Bemerkungen zum Vorhaben gingen häufig mit der Versicherung einher, dass dies in keiner Weise Zweifel an der Persönlichkeit von Weizsäcker ausdrücken solle.

Unter Berücksichtigung der auf der Senatsitzung vorgetragenen Bedenken beriet am 15. Juli 1968 unter Teilnahme des designierten Direktors der um einige Wissenschaftler erweiterte Verwaltungsrat, und schließlich legte Carl Friedrich von Weizsäcker am 28. Oktober 1968 ein Memorandum vor, in dem er die Motivation für das beabsichtigte Institut noch einmal vertiefte⁴² und den kritischen Stimmen, die vor möglichem Dilettantismus warnten, insofern Rechnung trug, als nun eine mehrjährige theoretische Startphase vorgesehen war, in der intensiv an der Konzipierung möglicher Projekte gearbeitet werden sollte; die Projekte selbst sollten in dieser Zeit aber noch nicht in Angriff genommen werden. In einer undatierten Übersicht (wahrscheinlich von Ende 1968) über den Verlauf der Meinungsbildung hieß es, die letztgenannte Veränderung beruhe auf der inzwischen aus internationalen Kontakten gewonnenen Erfahrung Carl Friedrich von Weizäcker, „dass es keine Schwierigkeiten bereiten würde, für die projektbezogenen Arbeiten Mitarbeiter von allererstem Rang als Gäste für Wochen oder Monate einzuladen, während es sich als nahezu unmöglich erwiesen hat, Mitarbeiter von diesem notwendigen und erwünschten Rang als permanente Mitglieder des Instituts zu gewinnen“⁴³.

Am seiner 61. Sitzung am 30. November 1968 in Dortmund diskutierte der Senat der Max-Planck-Gesellschaft das Vorhaben noch einmal sehr ausführlich.⁴⁴ Hier tauchte auch eine Version des Institutsnamens auf, in der das Attribut „interdisziplinär“ direkt enthalten war: Max-Planck-Institut für interdisziplinäre Forschung über die Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt. Diese Formulierung hatte Carl Friedrich von Weizsäcker schon in der Überschrift seines Memorandums vom 28. Oktober 1968 gebraucht; hier erschien sie nun dezidiert als möglicher Institutsname. Werner Stein, Senator für Wissenschaft und Kunst des Landes Berlin, griff die Bedenken Wursters auf und wiederholte einen Gedanken, den er schon auf der 60. Sitzung geäußert hatte: Bei der

42 Weizsäcker, C. F. Frhr. v., Memorandum über den Vorschlag zur Gründung eines Max-Planck-Instituts für interdisziplinäre Forschung über die Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt vom 28.10.1968. – In: MPA II. Abt. Rep. 9 Nr. 13.

43 Zusammenfassende (undatiert), S. 3.

44 Niederschriften von Sitzungen des Senats der Max-Planck-Gesellschaft. 61. Sitzung vom 30.11.1968 in Dortmund. – In: MPA (ohne Signatur).

Eigenart der Forschung eines solchen Instituts sollte man auch an eine besondere Institutsform denken, nämlich ein dezentralisiertes Institut mit einer Schaltzentrale und verschiedenen Schaltstellen. Jedenfalls sollte nach einer Institutsform gesucht werden, „die die Schließung erleichtere, falls kein geeigneter Nachfolger für Herrn von Weizsäcker gefunden werden könne“. Mehrere Senatoren sorgten sich spürbar darum, wie die noch gar nicht gegründete Einrichtung möglichst problemlos wieder aufgelöst werden könnte. Selbst Wolfgang Bargmann, einer der Mitunterzeichner des Antrages, fragte unter dem Eindruck der skeptischen Argumente, ob es nicht möglich wäre, zunächst eine „Arbeitsgemeinschaft der MPG“ zu gründen, „deren Auflösung geringere Schwierigkeiten bereiten würde“. Allerdings fügte er hinzu, es sei zu erwägen, „ob diese Form, dem Antrag zu entsprechen, dem Stil der MPG angemessen wäre“.

Immerhin ging kein Senator so weit, Bedeutung und Dringlichkeit des Anliegens zu bestreiten, aber mehrere versuchten, es von der Max-Planck-Gesellschaft fernzuhalten. Karl Winnacker von den Farbwerken Hoechst bot sogar finanzielle Nachhilfe an; er empfahl, unter der Leitung von Weizsäckers einen Arbeitskreis zu gründen, zu dessen finanzieller Unterstützung außerhalb der Max-Planck-Gesellschaft er bereit sei. Der Kernphysiker Wolfgang Gentner bedauerte, dass man darauf verzichte, diese Arbeiten, an denen die Jugend interessiert sei, im Rahmen der Universitäten durchzuführen, doch der Jurist und Max-Planck-Gesellschaft-Vizepräsident Konrad Zweigert entgegnete, die Universitäten „würden erst nach einer sehr gründlichen Reform zu der in den Denkschriften angeregten interdisziplinären Arbeit in der Lage sein“. In den Diskussionen im Vorfeld der Gründungsentscheidung wurde das Argument, die Disposition der Universitäten zu interdisziplinärer Arbeit sei schlechter als die der Max-Planck-Gesellschaft, wiederholt vorgetragen. Letztlich hatte Carl Friedrich von Weizsäcker die Senatsentscheidung schon präjudiziert, als er in seiner ergänzenden Denkschrift vom Februar 1968 die Max-Planck-Gesellschaft als optimalen Träger bestimmte und erklärte: „Das hier vorgeschlagene Institut soll in voller Unabhängigkeit arbeiten; ich darf dazu wohl sagen, dass ich nur ein Institut dieser Art persönlich zu leiten bereit wäre“⁴⁵. Einige Senatoren empfanden den einstweiligen Verzicht auf konkrete Projekte als beruhigend; dadurch würde das Institut keine kostspielige Angelegenheit werden. Als der Senator und Großindustrielle Hermann Reusch angesichts des experimentellen Charakters der beabsichtigten Arbeiten davor warnte, das Institut im Rahmen der Max-Planck-Gesellschaft anzusiedeln, antwortete Senator Hans Reschke, Oberbürgermeister der Stadt Mannheim, mit der Bemerkung, „es sei durchaus Sache der Max-Planck-Gesellschaft zu experimentieren.

45 Weizsäcker, C. F. Frhr. v., Ergänzungen, S. 3.

Auf die Dauer könne und dürfe nicht auf eine Institution verzichtet werden, die unabhängig von dem Zwang zu entscheiden in der Lage sei, alle möglichen Konsequenzen einer Entscheidung zu bedenken. Er halte es für möglich, der Öffentlichkeit den experimentellen Charakter dieser Institutsgründung bekannt zu machen⁴⁶. Es gereicht der Max-Planck-Gesellschaft zur Ehre, dass sie dieses durchaus mit ihren intellektuellen Sicherheitsstandards kollidierende Experiment wagte. Leider tat sie Derartiges in ihrer ganzen Geschichte nur dieses einzige Mal.

Die Diskussion endete mit dem (mit siebzehn Ja-Stimmen, fünf Nein-Stimmen und einer Enthaltung gefassten) Beschluss des Senats,

„1. ein MPG für interdisziplinäre Forschung über die Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt unter der Leitung von Herrn von Weizsäcker entsprechend dem von ihm vorgelegten Memorandum vom 28. Oktober 1968 vorbehaltlich der materiellen Sicherstellung zu gründen;

2. über die Gründung des Instituts erneut zu beschließen, falls die Geisteswissenschaftliche Sektion des Wissenschaftlichen Rates aufgrund ihrer Beratung des Memorandums die Gründung des Instituts nicht befürwortet“.

Die Geisteswissenschaftliche Sektion gab am 11. Februar 1969 ihr Placet, und zwar in getrennten Abstimmungen zu den drei Fragen, ob das Institut einen Platz in der Max-Planck-Gesellschaft haben, ob Carl Friedrich von Weizsäcker mit der Leitung beauftragt werden und ob das Institut der Geisteswissenschaftlichen Sektion angehören solle. Die Sektion empfahl zudem, einen kürzeren und einprägsameren Namen für das Institut zu finden. Damit verschwand der explizite Hinweis auf die Interdisziplinarität wieder aus der Bezeichnung. Kurz und einprägsam wurde sie dennoch nicht; dies mag als ein Symptom dafür zu verstehen sein, dass es keine bestimmte Disziplin gab – keine etablierte und auch keine in Entstehung begriffene –, der der Aufgabenkreis des Instituts insgesamt hätte zugeordnet werden können. Wie von Weizsäcker schrieb, bezeichnete der Name des Instituts statt einer Disziplin „ein Problem, zu dessen Lösung eine interdisziplinär angelegte Forschung beitragen soll“; er sollte „die Reflexion der Wissenschaft auf ihre eigenen Wirkungen zweiter Ordnung thematisieren“⁴⁷.

Mit diesem Vorgang trat der Gründungsbeschluss des Senats vom November 1968 in Kraft. Ungeklärt waren aber noch zwei wesentliche Fragen: die Wahl des Standorts und die Finanzierung. Nach Aussage von Präsident Adolf Butenandt waren Berlin, Hamburg, Heidelberg und München im Gespräch. München wurde von Butenandt favorisiert, Heidelberg hätte den Vorzug der Nähe zu der von

46 Niederschriften von Sitzungen des Senats der Max-Planck-Gesellschaft. 61. Sitzung vom 30.11.1968 in Dortmund. – In: MPA (ohne Signatur).

47 Weizsäcker, C. F. v., *Erforschung* (1979), S. 450, 451.

Georg Picht, mit dem von Weizsäcker befreundet war, geleiteten „Forschungsstelle der evangelischen Studiengemeinschaft“ gehabt. Im Herbst 1969 entschloss man sich auf Wunsch Carl Friedrich von Weizsäckers jedoch, das Institut in keiner der genannten Wissenschaftsmetropolen anzusiedeln, sondern in Starnberg am See, zwar im Großraum München und zudem in einer exklusiven Lage, aber doch relativ abgeschieden; Starnberg hatte damals noch keinen S-Bahn-Anschluss.

Auch für die Finanzierungsfrage rechnete der Präsident zunächst mit einer schnellen und reibungslosen Lösung. Über seine diesbezüglichen Äußerungen auf der 63. Sitzung des Senats am 12. Juni 1969 vermerkt das Protokoll jedoch Folgendes: „Die wegen des verhältnismäßig geringen finanziellen Aufwandes des Instituts erhoffte baldige Zustimmung des Verwaltungsausschusses des Bund/Länder-Abkommens sei leider noch nicht erfolgt. Der Verwaltungsausschuss wolle erst einen Beschluss der Kultus- und Finanzministerkonferenz zu dieser Frage herbeiführen. Die Diskussion im Verwaltungsausschuss habe gezeigt, dass die Länder nach wie vor Neugründungen von geisteswissenschaftlichen Instituten sehr zurückhaltend gegenüberstehen“. Dabei erinnerte Adolf Butenandt an die Gründungsabläufe der Max-Planck-Institute für ausländisches und internationales Patent-, Urheber- und Wettbewerbsrecht in München und für ausländisches und internationales Privatrecht in Freiburg. Damals hatte der Senat auf die Verzögerungstaktik der Länder mit der in seiner Märzsession 1965 getroffenen Vereinbarung reagiert, über die Gründung neuer Institute künftig eigenständig unter dem Vorbehalt ihrer Finanzierung zu beschließen, statt für den Beschluss die Finanzierungszusage abzuwarten; so ist auch im Fall des Weizsäcker-Instituts verfahren worden. Weiter erwähnte der Präsident, die auf der Hannovermesse bekannt gegebene Gründung eines Instituts der Industrie zur Erkundung perspektivischer technologischer Entwicklungslinien sei für die Max-Planck-Gesellschaft überraschend gekommen; wie es scheine, sei das Bundeswirtschaftsministerium bereit, sich an der Finanzierung dieses von der Industrie geplanten Instituts zu beteiligen⁴⁸.

Was Adolf Butenandt mit präsidialer Zurückhaltung andeutete, stellte Claus Grossner in einem im September 1969 in der Wochenzeitung DIE ZEIT mit dem bezeichnenden Titel „Der Machtkampf um die Denkfabriken. Zerstrittene Zukunftsforscher. Konkurrenz zwischen Industrie, Wissenschaft und Gewerkschaft“ veröffentlichten Dossier deutlicher dar⁴⁹. Mit Blick auf die großen, hochfinanzierten amerikanischen „Denkfabriken“ der Zukunftsforschung vom Typ

48 Niederschriften von Sitzungen des Senats der Max-Planck-Gesellschaft. 63. Sitzung vom 12.6.1969 in Göttingen. – In: MPA (ohne Signatur).

der RAND Corporation, die damals die einschlägige Szene in der westlichen Welt bestimmten, bemerkte Claus Grossner, dass nur ganz wenige Institutionen der Zukunftsforschung – in der Bundesrepublik vielleicht drei oder vier – überhaupt eine Chance hätten, sich durchzusetzen: „Wer über sie bestimmt, hat Macht. Diese Macht muss kontrolliert werden“. Anstatt euphorischen Jubels über jeden Ansatz der Zukunftsforschung bedürfe es einer Analyse der Interessen, „die den augenblicklichen Guerilla-Krieg im Dschungel der deutschen Forschungspolitik bestimmen“. Grossner bezeichnete es als überraschend genug, dass die erste gesellschaftliche Großgruppe, die sich in der Bundesrepublik für die Zukunftsforschung interessiert habe, die Wissenschaft selbst gewesen sei. Hier sei angemerkt, dass der Terminus „Zukunftsforschung“ von Weizsäckers Intentionen nicht voll traf. Das Institut ist jedoch – vor allem in der Gründungsphase – zum Teil auch in der Max-Planck-Gesellschaft selbst, jedenfalls aber in der Öffentlichkeit unter der Rubrik „Zukunftsforschung“ wahrgenommen worden, und diesem Umstand muss eine historische Darstellung Rechnung tragen.

Direkt zum Vorhaben der Max-Planck-Gesellschaft bemerkte Claus Grossner: „Die Entstehung des Weizsäcker-Instituts geriet schnell in die Einflussosphäre mächtiger Interessengruppen. Vor allem die forschungsintensive Großchemie war gegen das geplante Zukunftsforschungsinstitut. Der BASF-Aufsichtsratsvorsitzende Prof. Wurster, der gleichzeitig einer der einflussreichsten Männer der Max-Planck-Gesellschaft ist, sowie Prof. Winnacker von den Farbwerken Hoechst versuchten, die Institutsgründung zu verhindern. BASF-Vorstandsvorsitzender Prof. Timm erklärte: „Wir beschäftigen uns meistens mit dem Jahr 2000 und brauchen keine gesonderten Institutionen für Zukunftsforschung“. Institute, die außerhalb der industriellen Stabsabteilungen für langfristige Planung entstehen, könnten rein wirtschaftliche Forschungsziele und die hinter ihnen stehenden Interessen gefährden“. So könnte der Sieg des progressiven Flügels im Senat der Max-Planck-Gesellschaft, zu dem Claus Grossner Persönlichkeiten wie Klaus von Bismarck, Otto Wolf von Amerongen und den Schatzmeister der Max-Planck-Gesellschaft Klaus Dohrn zählte, „ein Pyrrhus-Sieg sein. Die Institutsgründung ist nicht nur fast ein Jahr lang systematisch verzögert worden, vielmehr wird das Institut jetzt auch kleiner im Zuschnitt als geplant – viele meinen: zu klein“. Weiter kam Claus Grossner auf den Vorgang zu sprechen, den Butenandt im Senat als überraschend bezeichnet hatte. Professor Werner Holste, Forschungsvorstand beim Volkswagen Werk, sei durch Weizsäckers Institutsprojekt inspiriert worden,

49 Grossner, C., Der Machtkampf um die Denkfabriken. Zerstrittene Zukunftsforscher. Konkurrenz zwischen Industrie, Wissenschaft und Gewerkschaft. – In: DIE ZEIT Nr. 38, 19.9.1969, S. 5.

etwas Ähnliches zu planen, und hätte in kurzer Zeit die Mitwirkung von vierzig bis sechzig Industriefirmen erreichen können. Das Institut für Erforschung technologischer Entwicklungslinien (ITE) wurde zügig organisiert und sollte im Oktober 1969 offiziell den Betrieb aufnehmen. In den ersten drei Jahren sollte der Etat jährlich zwei bis vier Millionen DM betragen und dann auf zehn Millionen DM steigen, während für das Weizsäcker-Institut maximal ein Jahresetat von einer Million DM in Aussicht genommen war. Minister Stoltenberg, der zum Gründungsausschuss des neuen Instituts der Industrie gehörte, hätte, zumal er zugleich Senator der Max-Planck-Gesellschaft war, Präsident Adolf Butenandt sehr wohl frühzeitig von den Plänen der Industrie unterrichten können, doch er hat es augenscheinlich nicht getan. Carl Grossner stellte fest, dass das Weizsäcker-Institut viel zu schwach sei, um den geballten Industriepotenzen ein Korrektiv sein zu können, und resümierte: „So sieht die Bilanz für die Zukunftsforschung in Deutschland zur Zeit prekär aus. Die einzig funktionsfähige Denkfabrik gehört der mächtigsten Gruppe dieser Gesellschaft, der Industrie. In Hannover wird an der optimalen Erfüllung bereits gesetzter Ziele gearbeitet. Dabei sollten gerade die Ziele in Zweifel gezogen und erforscht werden. Deshalb: Die erste deutsche Denkfabrik darf kein Monopol der Industrie werden – sie braucht ein Gegengewicht...“

Am Hinterfragen für selbstverständlich gehaltener und routinemäßig verfolgter gesellschaftlicher Zielstellungen war Carl Friedrich von Weizsäcker allerdings gelegen, und er hielt auch in allen Debatten während des Gründungsprozesses daran fest. Bisher lässt sich nicht sicher sagen, ob die Verzögerung der Arbeitsaufnahme von interessierter Seite zielstrebig herbeigeführt worden ist. Es passt aber in das Muster der realen Kräfteverteilung, dass bei für zukunftsentscheidend erachteten wissenschaftlichen Aktivitäten – und in der geistigen Atmosphäre der späten 1960er Jahre gehörte die Erkundung voraussichtlicher Zukunftstrends ausdrücklich dazu – die Industrie ihren Prioritätsanspruch demonstrierte. In der zweiten Hälfte des Jahres 1969 liefen die Vorbereitungen für das Weizsäcker-Institut auf Hochtouren. Auf der 65. Sitzung des Senats am 3. März 1970 wurde schließlich mitgeteilt, dass das Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt zum Jahresbeginn seine Arbeit aufgenommen hätte und dass es in wenigen Wochen das in Starnberg gemietete Haus beziehen könnte⁵⁰.

50 Niederschriften von Sitzungen des Senats der Max-Planck-Gesellschaft. 65. Sitzung vom 3.3.1970 in Köln. – In: MPA (ohne Signatur).

3.2. Diagnose der globalen Problemsituation

In den 1960er Jahren wurde – schon vor dem Erscheinen des ersten Berichtes an den Club of Rome – bereits vielerorts und auf mannigfache Weise das Heranreifen einer globalen Krisensituation in der menschlichen Gesellschaft selbst und in ihrem Verhältnis zur Natur diagnostiziert oder zumindest vermutet. Die Charakteristik dieser Krise war schon komplexer als der inzwischen zum Gemeinplatz gewordene Hinweis auf die Gefahr eines thermonuklearen Weltkriegs aufgrund der Ost-West-Konfrontation und das zunehmende Nord-Süd-Gefälle zwischen Industrie- und Entwicklungsländern. Verbreitet war es auch bereits üblich, zumindest eine der Ursachen für die beunruhigende Situation im ambivalenten Wirkungsmodus der Wissenschaft zu suchen, die die menschliche Lebenspraxis immer stärker beeinflusste⁵¹. Aber nur selten wurde in jenen Texten daraus die Konsequenz gezogen, dass die Wissenschaft nach vertiefter Selbsterkenntnis streben müsse, um das ihr auferlegte neue Niveau gesellschaftlicher Verantwortung meistern zu können, und in keinem anderen zeitgenössischen Text ist mir eine ähnlich präzise Formulierung dieses Zusammenhangs begegnet wie in den knappen Ausgangsdiagnosen, die in den Gründungspapieren des Weizsäcker-Instituts enthalten sind.

Die Wissenschaft – so hieß es im Vorschlag vom November 1967 – habe die Lebensbedingungen der Menschheit radikal umgestaltet, weitere einschneidende Umgestaltungen seien zu erwarten, und die damit verbundene Ambivalenz von Chancen und Risiken zwingt uns, „die Verantwortung für das Leben der Menschheit auch in solchen Bereichen bewusst zu übernehmen, die bisher dem natürlichen Lauf der Dinge überlassen waren“⁵². Dies äußere sich auf vielen Problemfeldern, nicht nur auf so bekannten wie der Friedenssicherung, der Welternährung oder der Bevölkerungsbegrenzung, sondern auch auf weniger beachteten wie dem Wachstum von Wissenschaft und Technik selbst oder der Notwendigkeit, inmitten einer technokratisch verwalteten Welt für die Menschen einen Raum der Freiheit zu sichern. Hier wird nichts Geringeres für notwendig erachtet als der Übergang zu einem höheren Niveau der Bewusstheit des gesellschaftlichen Lebens, der rationalen Durchdringung des Gesamtzusammenhangs der Gesellschaft. In Carl Friedrich von Weizsäckers Ergänzungen heißt es, in der politischen Praxis zeige sich die wachsende Notwendigkeit, „die Verwandlung unserer Welt durch die Wirkungen der Wissenschaft selbst mit wissenschaftlichen Mitteln zu studieren. Wenn der Kern der Wissenschaft das Objektivieren ist, so wird

51 Ravetz, J. R., *Scientific knowledge and its social problems*. Oxford: Clarendon Press 1971. Dt.: *Die Krise der Wissenschaft*. Neuwied / Berlin: Luchterhand 1973.

52 Vorschlag (1.11.1967), S. 1.

man in der Tat erwarten, dass Wissenschaft überall dort notwendig wird, wo der stets unersetzliche instinktive Zugriff des erfahrenen Praktikers einer Unterstützung durch zweckmäßig beurteiltes Tatsachenmaterial bedarf⁵³. Hier verlangt Carl Friedrich von Weizsäcker mehr als die seinerzeit viel besprochene Technikfolgenabschätzung (technology assessment) und drückt die Notwendigkeit aus, einen Schritt tiefer zu gehen und auch die kognitiven Grundlagen der Technik (ebenso wie die wissenschaftlichen Grundlagen anderer, nichttechnischer Praxen) in Hinblick auf ihre möglichen Auswirkungen zu untersuchen – also gleichsam „science assessment“ zu betreiben (dieser Terminus wird allerdings nicht verwendet).

Noch ein Stück eingehender formuliert Carl Friedrich von Weizsäcker seine Ansicht über die Ambivalenz der Wissenschaft in seinem Memorandum vom Oktober 1968, und auch sein Ton wird mahnender und drängender. Lebensgesetz der Wissenschaft ist nach seiner Ansicht das ständige Wachstum des Wissens, und aus der Verfügung über dieses Wissen entspringe wachsende Macht. Diese Macht aber manifestiere sich zweifach – in einem unbestreitbaren, messbaren Fortschritt in der Verbesserung unserer Lebensbedingungen auf der einen, einem „fast undurchschaubaren, scheinbar ziellosen Automatismus“ auf der anderen Seite: „Niemand von uns weiß, wohin die wachsende Bevölkerungszahl, die Zunahme der Freizeit in den Industriegesellschaften, die fortschreitende Umwandlung der Naturlandschaft (Nutzung, Ausbeutung, Verschmutzung) und die mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen verbundene Möglichkeit zur Entwicklung neuer Waffen führen wird... Die Anstrengung, diese Konsequenzen zu durchschauen, ist aber lebenswichtig für unsere Zukunft“⁵⁴. Bei detaillierterer Betrachtung finde man im Fortschritt unserer wissenschaftlichen Macht eine doppelte Unübersichtlichkeit, die in mancher Hinsicht sogar den Eindruck eines drohenden Chaos erwecke. Einerseits seien die praktischen Auswirkungen der Wissenschaft oft kaum vorhersehbar. „Andererseits – und dies ist eine der tieferliegenden Ursachen dieses ‚Chaos‘ – ist uns schon der innere Zusammenhang der Wissenschaft selbst, deren Wachstum und Auswirkungen wir zu überschauen versuchen, gerade durch ihr großes quantitatives Wachstum immer undurchsichtiger geworden“. Deshalb – so stellt Carl Friedrich von Weizsäcker resümierend fest – habe der Gründungsvorschlag den Zweck, „die äußerste uns heute mögliche Anstrengung zu machen, um dieses scheinbare Chaos gedanklich zu durchdringen“⁵⁵.

53 Weizsäcker, C. F. Frhr. v., Ergänzungen (15.2.1968), S. 4.

54 Weizsäcker, C. F. Frhr. v., Memorandum (28.10.1968), S. 2.

55 Ebenda, S. 2.

Damit steht uns die Ausgangsidee der Institutsgründung mit großer Klarheit vor Augen, und ihre philosophische Höhe wird spürbar. In zwei Begriffen konzentriert sich für von Weizsäcker das Beunruhigende am gegenwärtigen wissenschaftsgenerierten Weltzustand: Automatismus und Chaos. „Automatismus“ drückt aus, dass sich die Folgen der Wissenschaft der gesellschaftlichen Kontrolle entrisen haben und den Menschen schicksalhaft beherrschen; das Menschenwerk wendet sich, ohne noch hinreichend steuerbar oder beeinflussbar zu sein, gegen seinen Erzeuger. In der späteren Planungsphase, die in diesem Beitrag nicht mehr behandelt wird und die sich in einem intensiven Dialog zwischen von Weizsäcker und einem Kreis hochbegabter jüngerer Wissenschaftler vollzog, spielte folgerichtig der auf Karl Marx zurückgehende Begriff der Entfremdung eine substantielle Rolle. Der Begriff des Chaos bezeichnet die Undurchschaubarkeit des von der Wissenschaft herbeigeführten oder jedenfalls unter ihrer maßgeblichen Mitwirkung erzeugten Weltzustandes. Der Terminus wird aber mit dem Attribut „scheinbar“ versehen oder in Anführungszeichen gesetzt. Offenbar war von Weizsäcker nicht bereit, Unbestimmtheit als ein objektives Charakteristikum der Gesellschaft und ihrer globalen Entwicklung anzusehen. Auf diese Konsequenz bewegten sich erst die Diskussionen der 1990er Jahre zu, und Helga Nowotny, Peter Scott und Michael Gibbons zogen sie 2001 in einer gemeinsam verfassten Monographie mit aller Entschiedenheit⁵⁶. Demgegenüber scheint Carl Friedrich von Weizsäcker der Ansicht gewesen sein, durch äußerste Anstrengung des Erkennens könnte das Chaos durchdrungen, aufgelöst und beherrschbar gemacht werden. Ein Widerschein des deterministischen Denkens der klassischen Physik ist noch zu spüren.

Aus diesem Gedankengang kristallisiert sich eine Basishypothese heraus. Sie ist bei Carl Friedrich von Weizsäcker nicht so formuliert, doch man könnte sie so ausdrücken: Die Erkenntnis des inneren Zusammenhangs der Wissenschaft ist der Schlüssel oder zumindest eine unverzichtbare Voraussetzung für die Diagnose des gegenwärtigen Weltzustandes und seiner Entwicklungstendenzen. Damit wird der Wissenschaftsforschung bei der Analyse der globalen Problematik eine zentrale Position zugewiesen. Konnte man beim ursprünglichen Gründungsvorschlag noch vermuten, dass von Weizäckers Intention vielleicht auf etwas Ähnliches hinauslaufen würde wie das Weltmodell von Dennis und Donella Meadows, so ließ das Memorandum keinen Zweifel mehr daran, dass es sich um ein Konzept der Wissenschaftsforschung handelte – allerdings um eines, das die Wissen-

56 Nowotny, H. / Scott, P. / Gibbons, M., *Re-thinking science. Knowledge and the public in an age of uncertainty*. Cambridge (UK): Policy Press 2001.

schaft nicht als ein spezialisiertes Tätigkeitssystem neben anderen konzeptualisierte, sondern als Nukleus der gesellschaftlichen Evolution.

4. *Blick in die konzeptionelle Phase*

Wer das Jahr 1970 in Starnberg miterlebt hat, wird es vermutlich als ein spannendes Jahr intensivster Diskurse im Gedächtnis behalten haben. Auch bei bloßer Aktenlektüre teilt sich dieser Eindruck mit. Weizsäckers dialogischer, demokratischer Stil, der von der eher aristokratischen Norm des aus der Tradition der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft überkommenen Harnack-Prinzips deutlich abwich, kam in diesem Jahr voll zur Geltung. Der Initiator des Instituts hatte seinen Ansatz gleichsam in den Ring geworfen – nun antworteten die Mitarbeiter mit einer Fülle ideenreicher Papiere, die von zahlreichen Projektvorschlägen bis zu Gestaltungsempfehlungen für sämtliche Aspekte der Institutsarbeit reichten, selbst die wirklich oder scheinbar rein technischen Regularien des laufenden Betriebes wurden mit Eifer diskutiert. Das Grundmotiv dieser explosiven Entfaltung von Aktivität war die Überzeugung, dass dieses Institut mit seinem unikalen Zuschnitt als ein gemeinsames Werk aller Beteiligten entstehen müsste, in dem alle Mitarbeiter gleichberechtigt mitbestimmen und mitentscheiden. Das Echo der 1968er Bewegung war unübersehbar, und das war auch dem wissenschaftspolitischen Establishment vollkommen klar. Am 6. Mai 1969 hatten die Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Westdeutschen Rektorenkonferenz eine gemeinsame Presseerklärung herausgegeben, in der „eindringlich vor den Gefahren“ gewarnt wurde, „die für die Forschung in einer paritätischen Mitbestimmung liegen“⁵⁷.

Als einen aufschlussreichen Indikator für die Intensität der Diskussion kann man ein Papier mit integrativem Anspruch ansehen, das im Prozess der Meinungsbildung vermutlich eine Schlüsselrolle spielte, weil es die Gesamtkonzeption des Instituts und eine Reihe übergreifender Probleme unterschiedlicher Projektüberlegungen ansprach. Dieses unter dem Titel Zum Selbstverständnis des Instituts von Wolfgang van den Daele und Wolfgang Krohn vorgelegte Pa-

57 Henning, E. / Kazemi, M., Chronik der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1948 – 1998. Teil I. Berlin: Duncker & Humblot 1998, S. 187. – Zu den Reaktionen der Max-Planck-Gesellschaft auf die Mitbestimmungsforderungen der 1968er Bewegung, die in eine 1972 verabschiedete Satzungsreform mündeten, siehe: Gerwin, R., Im Windschatten der 68er ein Stück Demokratisierung. Die Satzungsreform von 1972 und das Harnack-Prinzip. – In: Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Studien zu ihrer Geschichte: Das Harnack-Prinzip. Hrsg. v. Bernhard vom Brocke und Hubert Laitko. Berlin / New York: Walter de Gruyter 1996, S. 211 – 224.

pier ist nicht datiert; nach der Einordnung in die Akten und nach dem Sinnzusammenhang dürfte es aus der zweiten Junihälfte 1970 stammen. Es ist in sechs Abschnitte gegliedert, die kurz referiert werden sollen, um die Grundlinie der Argumentation deutlich zu machen:

(1) Der politische Anspruch des Instituts und die Erwartungshaltung der Gesellschaft.

Das Institut könne seinen Standpunkt nicht durch Bezug auf das klassische System der Wissenschaften bestimmen, sondern müsse zurückgehen auf sein Verhältnis zur gesamten gesellschaftlichen Umgebung. Diese Umgebung ist nach Ansicht der Autoren einerseits gekennzeichnet durch eine Reihe manifester oder drohender Krisen, die Stabilität und Überlebensfähigkeit der bisherigen Lebensordnungen in Frage stellten, und andererseits durch die von der Bevölkerung und von vielen ihrer Eliten gehegte Erwartung, dass die Wissenschaft etwas zur Lösung dieser Probleme beitragen werde. Dabei werde die Rolle der Wissenschaft aber beträchtlich überzeichnet. Das Hauptproblem liege gar nicht in der wissenschaftlichen Erarbeitung einer Lösung, sondern „in der Überwindung politischer und gesellschaftlicher Barrieren gegen die Verwirklichung von Wissen“⁵⁸. Die Wissenschaft dürfe den Umschlag des politischen Krisenbewusstseins in politisches Handeln nicht beschränken, indem sie die Forderung nach einem Wandel der Verhältnisse auf den Anspruch größerer Rationalität der Regierung und verstärkter Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse reduziert. Van den Daele und Krohn argumentieren radikaler als von Weizsäcker, indem sie die Veränderung der gesellschaftlichen Verhältnisse insgesamt ins Kalkül ziehen und die Aufgaben des Instituts in diesem Rahmen bestimmen.

(2) Zur wissenschaftstheoretischen Position des Instituts.

Die Aufgabenstellung des Instituts verpflichte zur Entfaltung einer „praxisorientierten Wissenschaftlichkeit“, wobei sich die notwendige Revision der wissenschaftlichen Einstellung an zwei Extremen orientieren könne, die beide für die Arbeit des Instituts relevant sein würden – erstens der „Projektwissenschaft“, dem Einsatz interdisziplinärer Wissenschaft mit dem Ziel, ein bestimmtes Problem so vollständig zu lösen, „dass die Auflösung mit der wünschbaren Veränderung der Wirklichkeit konvergiert“⁵⁹, und zweitens einer auf der Ebene der Theorie selbst erfolgenden Umkehrung des Verhältnisses der Wissenschaft zu ihrem Gegen-

58 van den Daele, W. / Krohn, W., Zum Selbstverständnis des Instituts (nicht datiert), S. 3. – In: MPA II. Abt. Rep. 9 Nr. 15.

59 Ebenda, S. 7.

stand. Wenn die Vermutung zutrifft, „dass die negativen technologischen Auswirkungen der Naturwissenschaften auch auf ein prinzipiell unzulängliches Wissenschaftsverständnis zurückzuführen sind, dann wären möglicherweise durch eine neue Theorie der Naturwissenschaft nicht nur ihre eigenen Ergebnisse besser zu verstehen, sondern auch ihre gesellschaftlichen Auswirkungen einer vertieften theoretischen Kontrolle zugänglich. [...] Die Kreativität, mit der Wissenschaft bisher ihren Gegenstand erfasst hat, muss in einem grundlegenden Ausmaß gegen sie selbst gewendet werden“⁶⁰. Damit plädieren die Autoren nicht nur für eine prinzipielle Erweiterung der Anwendungssphäre der Wissenschaft, sondern für eine fundamentale Veränderung der Auffassung von Wissenschaft und Wissenschaftlichkeit selbst, und sie wünschen sich das Institut als einen Ort, an dem dieses Bemühen eine Heimstatt findet.

(3) Empirische Forschung und Theoriebildung.

Das angemahnte veränderte Wissenschaftsverständnis solle zu unmittelbaren Konsequenzen für die Handhabung des Verhältnisses von Theorie und Empirie führen, weit über die bloße Forderung ihrer engen Wechselbeziehung hinaus: Eine dem politischen Anspruch des Instituts verpflichtete theoretische Arbeit „kann zu dem unmittelbar Gegebenen, wie es sich in der empirischen Forschung der Sozialwissenschaften darbietet, nur ein Verhältnis kritischer Distanz haben. Die Theorie hat das Interesse, gesellschaftliche Fehlentwicklungen zu identifizieren und Alternativen zu entwerfen; sie ist kritische Theorie ihrer Zeit. In steigendem Maße gilt dies auch für naturwissenschaftliche Theorien...“ Die Theorie ist eine bestimmte Negation der Empirie: „Das Gegebene ist immer zugleich das Veränderbare und Zuverändernde“⁶¹. Diesem Anspruch könne man nicht schon durch Interdisziplinarität in der Forschungsarbeit und ein ausgewogenes Verhältnis von „Empirikern“ und „Theoretikern“ in der Institutsarbeit gerecht werden. Vielmehr bedürfe es der ständigen Reflexion auf die richtige Fragestellung, gekennzeichnet durch das, was empirisch gefragt werden kann, und das, was theoretisch gefragt werden muss.

In den drei folgenden Abschnitten des Papiers werden die Konsequenzen dieser wissenschaftstheoretischen Neubesinnung im Detail gezogen.

60 Ebenda, S. 9.

61 Ebenda, S. 10.

(4) Methoden der Projektorientierung und -anlage.

Von der gerade artikulierten Notwendigkeit eines neuen Theoriebegriffs ausgehend, halten es die Autoren für konsequent, bei den – auch bei Carl Friedrich von Weizsäcker für zentral erachteten – Grundlagen der Physik als dem „Zentrum klassischer Orientierung“ anzusetzen; unbestreitbar hätten die physikalischen Naturwissenschaften bisher „die größten und objektbestimmenden Auswirkungen gehabt und die neuzeitliche Dominanz technologischen Verhaltens hat sie weit in den gesellschaftspolitischen Kontext hineingezogen“. Zumindest sei zu prüfen, „ob eine neue Sicht ihrer Grundlagen ein prinzipiell neues Wissenschaftsverständnis im Sinne der oben dargestellten wissenschaftstheoretischen Position erzeugt“⁶². Im weiteren Gang der Argumentation wird deutlich, dass damit keineswegs ein erneuerter Physikalismus gemeint ist. Die problemorientierte Projektforschung könne bei der Identifizierung klarer Fehlentwicklungen in der Gesellschaft ansetzen und müsse ihre Untersuchungen „unter dem Gesichtspunkt gesellschaftlicher Änderbarkeit“ durchführen – dies aber nicht in einer vordergründigen, auf Rezepte abzielenden Manier, sondern im Rahmen der Weiterarbeit an einer Theorie der Gesellschaft.⁶³ „Dazu bedarf es einer Integration der verschiedenen Projekte, die die Interdependenz der Probleme und Lösungen klarstellen und auf eine gemeinsame theoretische Basis zu beziehen versucht. [...] In der Konsequenz dieser Ansprüche liegt die Schaffung einer einheitlichen Theorie der Gesellschaft und darüberhinaus die Arbeit an dem Verhältnis von Gesellschaftswissenschaft und Naturwissenschaft mit dem Fernziel der Grundlegung einer einheitlichen Wissenschaft überhaupt. Was sich aus dieser theoretischen Konsequenz an durchführbarer Programmatik anbietet, ist zumindest dies, den Hiatt zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaft durch eine fortschreitende Bestimmung ihres Verhältnisses zu überwinden“⁶⁴. Im weiteren werden acht Relevanzkriterien vorgeschlagen, nach denen bei der Auswahl von Projekten verfahren werden sollte.

(5) Mitarbeiterstruktur und vorläufige Projektorientierung.

Aus der Reflexion über die Bedingungen der wissenschaftlichen Arbeit am Institut wird die Forderung nach einer „gründlichen Korrektur der bisherigen Mitarbeiterstruktur“ hergeleitet, in der solche Mitarbeiter überwiegen, die philosophisch oder physikalisch, aber nur in geringem Maße auch sozialwissenschaftlich

62 Ebenda, S. 12 – 14.

63 Ebenda, S. 14-15.

64 Ebenda, S. 15.

ausgebildet sind. Zunächst sei diese Situation aber nicht in jeder Hinsicht ein Nachteil: „Die Auflösung von spezialwissenschaftlichen Denkansätzen in übergreifenden allgemeinen Fragestellungen, die ein wesentlicher Teil der Arbeit dieses Instituts sein wird, erfordert philosophische Kritikfähigkeit“. Dennoch liege in der gegebenen Mitarbeiterstruktur die Gefahr einer Vorentscheidung über die künftige Arbeitsrichtung des Instituts, denn die eigene Ausbildung sei ein starker Selektionsfaktor für die Fragestellungen und Perspektiven, die man überhaupt in den Blick bekommen kann⁶⁵: „Die Aneignung und Durchdringung von Ergebnissen und Methoden fremder Spezialwissenschaften, die im Rahmen der konkreten Projektarbeit zu den selbstverständlichen Aufgaben jedes Wissenschaftlers gehören wird, kann in der Phase der Projektauswahl faktisch von niemand in hinreichendem Maße geleistet werden“. Daher sei schon gegenwärtig eine Erweiterung des Instituts durch spezialgebildete Sozialwissenschaftler notwendig, „um einer vorzeitigen Verengung der Projektorientierung vorzubeugen“⁶⁶. Die dringende Notwendigkeit, die sozialwissenschaftliche Kompetenz des Instituts zu verstärken, empfand auch von Weizsäcker selbst. Er sondierte die Möglichkeit, nicht nur Nachwuchskräfte mit entsprechender Ausbildung in das Institut einzubeziehen, sondern vor allem einen prominenten Sozialwissenschaftler als Kodirektor zu gewinnen, der mit ihm gemeinsam das Institut leiten sollte.

(6) Die Organisation des Instituts.

Nachdem die wissenschaftlichen Ziele des Instituts und die diesen entsprechende Arbeitsweise erörtert worden sind, wird abschließend die dafür geeignete Organisationsform des Instituts erwogen. Dieser Abschnitt des Arbeitspapiers bringt am deutlichsten den Geist des 1968er Aufbruchs zum Ausdruck, von dem viele der jüngeren Mitarbeiter inspiriert waren. Zunächst wird für die grundsätzliche Offenheit des Instituts nach außen – gegenüber der wissenschaftlichen wie der nichtwissenschaftlichen Öffentlichkeit – votiert: „Alle Formen von Institutsegoismus und die in Deutschland bisher übliche eifersüchtige Bewachung des geistigen Eigentums müssen vermieden werden“. Damit korrespondiert prinzipielle Transparenz und Offenheit nach innen als unerlässliche Bedingung dafür, dass jeder Mitarbeiter Verantwortung für das Ganze tragen kann⁶⁷.

Schon die bisherige informelle Institutsorganisation habe sich von dieser Intention leiten lassen: „In der Entscheidungsebene galt bisher die Formel, dass alle Fragen bis zum Konsens der Mitarbeiter zu diskutieren sind. Es ist nicht zu ver-

65 Ebenda, S. 17-18.

66 Ebenda, S. 18.

67 Ebenda, S. 20.

kennen, dass dieses Verfahren neben dem Zwang zur Rationalisierung der Entscheidungsfindung einen gewissen Harmonisierungsdruck erzeugen kann. Es ist jedoch ein Weg, das Erfordernis der Selbstverwaltung des Instituts mit der Entscheidungsprärogative des Direktors auszugleichen, die diesem nach geltendem Recht zusteht“. Die Verfasser sehen aber auch, dass die Praxis dieser Verfahrensweise auch zu Konsequenzen geführt hat, die ihrer ursprünglichen Intention zuwiderlaufen. Sie stellen fest, „dass die Kapazität der Mitarbeiter in zum Teil unangemessen hohem Grade für die Selbstorganisation des Instituts bei mehr technischen Detailfragen in Anspruch genommen worden ist“. Bei einigen gravierenden Entscheidungen sei die Einflussnahme des Plenums ständig schwächer geworden, „zum Teil vielleicht aus selbstverschuldeter Inaktivität“. Es zeige sich die Tendenz, „Entscheidungen aus dem kollektiven Entscheidungsverfahren auszugliedern und nach den traditionellen Methoden der Direktoratsverfassung zu behandeln: Entscheidung des Direktors nach Beratung mit ausgewählten Mitarbeitern und Veröffentlichung der Entscheidung zur allgemeinen Akklamation“⁶⁸.

Welchen Platz sollte nun die Vollversammlung aller Institutsangehörigen in einer zu erarbeitenden Institutsatzung zugewiesen erhalten? Die Autoren bezeichnen sie als das „wesentliche Organ eines demokratisch verfassten Instituts... [...] Zwar ist angesichts der offenbaren Schwerfälligkeit großer Gremien ein gewisser horror pleni durchaus verständlich. Trotzdem bietet die Plenardiskussion durch die Simultaneität aller Argumente ein anders nicht erreichbares Rationalitätsmoment von Entscheidungsprozessen“. Den Ausweg aus dem Dilemma von basisdemokratischem Anspruch und lähmender Überlastung des Plenums sehen sie in einer Zweiteilung der Aufgaben: Vor das Plenum gehören nur weitreichende Fragen, alle anderen werden an den Institutsrat oder an ad-hoc-Ausschüsse delegiert⁶⁹. Damit ist freilich das zentrale Problem der Kollision zwischen basisdemokratischem Anspruch und dem in der Max-Planck-Gesellschaft geltenden Prinzip der Autonomie des Direktors nicht aus der Welt geschafft: „Kernproblem der Institutsverfassung ist die Regelung des alleinigen Entscheidungsrechts des Direktors und die Harmonisierung dieses formalen Rechts mit den übrigen Verfahren“. Die Autoren präsentieren dafür verschiedene Modelle mit der Maßgabe, ein jedes sei „auf seinen realen Gehalt an demokratischer Selbstverwaltung zu prüfen, wobei die Unterschiede zwischen Beratungs-, Empfehlungs- und Entscheidungsbefugnissen nicht mehr verwischt werden dürfen“⁷⁰.

68 Ebenda, S.21 – 22.

69 Ebenda, S. 22.

70 Ebenda, S. 23.

Die Argumentation, die hier nur angedeutet werden konnte, ist von bestechender Stringenz; sie bezeugt eine Kühnheit des Denkens, wie man sie nur in jungen Jahren wagt, und gibt einen lebendigen Eindruck von der Atmosphäre, die in der Aufbauphase am Starnberger Institut herrschte. Hier unterbreiteten die Mitarbeiter nicht nur Vorschläge für ihre eigenen Themen, sondern durchdachten eigenverantwortlich den Gesamtansatz des Instituts, das sie als ihr gemeinschaftliches Unternehmen betrachteten. 1970 vibrierte das Institut von solchen gedanklichen Aufbrüchen. Drieschner sieht diese Zeit charakterisiert durch eine „Flut von neuen Gedanken und mehr oder weniger verrückten Ideen, die teils schnell wieder verschwanden, [...], teils schließlich zu jahrelanger Projektarbeit führten. Meine Erinnerung an die ersten ein bis zwei Jahre des Instituts ist vor allem geprägt vom Eindruck eines ungeheuren Chaos, das einerseits sehr anregend war, andererseits aber beinahe unerträglich anstrengend in der Konzentration auf die mögliche Entscheidung, was nun zu verfolgen sei und was nicht“⁷¹. Die Leidenschaftlichkeit der in Starnberg geführten Diskussionen, die in den überlieferten konzeptionellen Papieren oft durchschlägt, hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass dieses Institut seine Aufgabe als eine eminent politische (wenn auch natürlich nicht parteipolitische) betrachtete. Im Vordergrund stand weniger der kognitive Reiz schwieriger Erkenntnisprobleme, der im Normalfall hinreicht, um die Arbeit eines Max-Planck-Instituts zu motivieren, sondern das existentielle Problem des Überlebens der Menschheit, in dessen Aufkommen ebenso wie in dessen mögliche Lösung die Wissenschaft zentral verwickelt war und ist; eine historische Analyse, die die politischen Überzeugungen der Akteure zur Privatsache erklärte, von ihnen absähe und sich allein auf den Erkenntnisgehalt der dort aufgeworfenen und bearbeiteten Fragestellungen konzentrierte, würde die Eigenart dieses Instituts vollkommen verfehlen.

Im Verlauf des Jahres 1970 wurden in rascher Folge Konzeptionen formuliert, die oft sehr gehaltvoll waren und deren inhaltliche Diskussion den Rahmen dieses Beitrages sprengen würde. Hier seien nur wenige Titel als Beispiele genannt: Anthropologische Grundlagen des Machtstrebens und seiner politischen Theorie (Horst Afheldt, Zacharias); Umwelt (Elf Teilnehmer); Friedensforschung, Arms Control, Sicherheitspolitik (Horst Afheldt, Utz-Peter Reich, Philipp Sonntag); Aufriss einer politischen Theorie der Wissenschaft (Wolfgang van den Daele, Wolfgang Krohn); Arbeitsgruppe Wissenschaft (Gernot Böhme, Drieschner, Meyer-Abich, Zucker); Entwicklungsländer (Heinrichs, Kreye, Utz-Peter Reich). Die bloße Nennung der Titel, denen zahlreiche weitere hinzuzufügen wären, erweckt den Eindruck von Heterogenität oder gar Eklektizismus, aber dieser Ein-

71 Drieschner, M., Die Verantwortung (1996), S. 6.

druck täuscht. Erstens waren alle Vorschläge aus der Ausgangsfragestellung des Instituts entwickelt worden und nahmen aufeinander Bezug. Zweitens war es die Regel, dass jeder Wissenschaftler simultan an mehreren Projekten teilnehmen sollte, so dass die Verflechtung der verschiedenen Arbeitsrichtungen auch personell gesichert war. Das weiter oben erörterte Arbeitspapier von Wolfgang van den Daele und Wolfgang Krohn bezeugt mit seinem Argumentationsbogen, der vom Forschungsanliegen des Instituts über das dabei akzeptierte Wissenschaftsideal und die Interdisziplinarität der Arbeitsweise bis hin zu den eingesetzten Ressourcen und den institutionellen Arrangements reicht, das Selbstbewusstsein und die Anspruchshöhe der Mitarbeiterschaft. Die konzeptionellen Überlegungen von Weizsäcker fanden dort ein Echo auf gleicher Augenhöhe. Nach den Spielregeln der Max-Planck-Gesellschaft hätte der Institutsdirektor auf den basisdemokratischen Impetus seiner Mitarbeiter nicht eingehen müssen, aber er tat es mit der ihm eigenen Liberalität, griff die Anregungen auf und beantwortete sie mit ebenso originellen wie tiefgreifenden eigenen Überlegungen. Um seine Autorität hatte er auch auf dem Höhepunkt der Selbstorganisationseuphorie nie zu fürchten, aber sie gründete sich allein auf seine enormen intellektuellen Ressourcen und nicht auf seine administrative Position. Das machte das einzigartige Flair dieses Instituts aus. Die dort verbrachten Jahre prägten Persönlichkeiten und Laufbahnen.

Im Dialog mit den Mitarbeitern seines Instituts, die aus ganz unterschiedlichen Disziplinen kamen, sah sich von Weizsäcker mit einer Fülle von Perspektiven und Gesichtspunkten konfrontiert. Um ihr Gemeinsames sichtbar zu machen und so die Integrität des Instituts zu fördern, bedurfte es eines außergewöhnlich weiten Horizonts und großer synthetischer Kraft des Denkens. Diese wissenschaftlichen Tugenden, über die von Weizsäcker in reichem Maße verfügte, demonstrierte er glanzvoll, als er sich im Frühherbst 1970 veranlasst fühlte, zum bisherigen Gang der Debatten Stellung zu beziehen. Im Oktober antwortete er auf die bis dahin vorgelegten Arbeitspapiere und Projektvorschläge mit einer 87seitigen kritischen Synopsis⁷², die in fünf Teile mit Unterabschnitten gegliedert war:

- (1) Problemfelder pragmatischer Projekte (Allgemeines; Weltfriede; Industriegesellschaft; Entwicklungsländer).
- (2) Ambivalenz des Fortschritts (Begriff der Ambivalenz; Absolutismus; Liberalismus; Sozialismus).

72 Weizsäcker, C. F. v., Lebensbedingungen. Gedanken über den Zusammenhang der Themen (Oktober 1970). – In: MPA II. Abt. Rep. 9 Nr. 13.

(3) Anthropologische Gesichtspunkte (Die anthropologische Frage; Besitz, Herrschaft (Macht); Liebe; Einsicht; Werte).

(4) Suche nach der Wahrheit (Aufklärung; Religion; Philosophie; Wissenschaft).

(5) Die Zukunft (Was ist zu erwarten? Was soll geschehen?).

Es ist an dieser Stelle auch nicht annähernd möglich, den Gedankenreichtum dieses Aufsatzes – der eigentlich schon eine kleine Monographie ist – auszuloten. Die Darstellung muss sich darauf beschränken, das Prinzip deutlich zu machen, dem von Weizsäcker Argumentation folgt. Bei der Lektüre fällt sofort der ungewöhnliche Aufwand an philosophischer Vertiefung auf; von Weizsäcker dringt bis zu fundamentalen erkenntnistheoretischen Fragestellungen und – über die soziale Dimension des Menschseins hinaus – bis zur Ebene anthropologischer Bestimmungen vor. Aus der konzeptionellen Phase von Instituten der Grundlagenforschung ist mir dazu kein Gegenstück bekannt. Der Grund, aus dem sich von Weizsäcker zu einem solchen Vorgehen genötigt sieht, ist ein zweifacher. Einerseits ist das Anliegen des Instituts in keinem verfügbaren disziplinären Rahmen verortbar; die mannigfachen disziplinären Kompetenzen und Perspektiven, die hier eingebunden werden müssen, lassen sich nur durch eine philosophisch vertiefte Argumentation zueinander in Beziehung setzen. Andererseits liegt auf der Hand, dass Lebens- und Überlebensprobleme der Menschheit zwingend die letzten Fragen der Philosophie berühren müssen. In einer vom Geist immer weiter fortschreitender gegenständlicher und methodischer Spezialisierung und Disziplinierung beherrschten Wissenschaftskultur musste ein solcher Ansatz für ein Forschungsinstitut bei außenstehenden Betrachtern unvermeidlich Skepsis hervorrufen.

Sein Vorgehen beschreibt von Weizsäcker mit folgenden Worten: „Der Aufbau dieses Aufsatzes ist ein Versuch, von den manifesten Problemen unserer Welt rückfragend zu den weniger manifesten Gründen vorzudringen, um dann von dort zur institutspraktischen Frage der Bearbeitung dieser Probleme überzugehen“⁷³. Bei einem in der Planungsphase des Instituts vorgenommenen Überblick über seine eigenen aktuellen Arbeitsgebiete hatte von Weizsäcker diese in drei Gruppen geordnet: „Politik“ (Weltfriede, Industriegesellschaft, Entwicklungsländer), „Physik“ (Systemtheorie, Grundlagen der Physik, Biologie und Medizin) und „Philosophie“ (Psychologie und Anthropologie, Religion, Klassische Philosophie). Diese Anordnung war für ihn bereits eine Form des Rückfragens von den deutlich zutage liegenden Problemen zu ihren verborgenen Gründen⁷⁴. Die Mit-

te 1970 vorliegenden Projektvorschläge gehörten, wie Carl Friedrich von Weizsäcker feststellt, im Sinne dieser Einteilung vorwiegend in die Rubrik „Politik“. Das sind jene „manifesten Probleme“, auf die sich die politischen Urteile und Aktivitäten unmittelbar richten. Deshalb diskutiert er zunächst die darunter eingeordneten Themenbereiche und gelangt zu der Konsequenz, dass sie tiefgehende Erkenntnisprobleme aufwerfen, die nicht bewältigt werden können, wenn man auf der konkreten Ebene dieser Themen verharret. Von den drei Domänen, in die er das Feld der konkreten Projektvorstellungen gliedert, liegt ihm am meisten das Problem der Friedenssicherung im Nuklearzeitalter am Herzen: „Die Sorge vor einem atomar geführten Weltkrieg hat mich auf den Weg gebracht, der jetzt zur Gründung des Instituts geführt hat“⁷⁵. Gegenwärtig finde der Weltkrieg nur deshalb nicht statt, weil keine Seite ihn gewinnen könne. Das könne sich aber durch die technische Entwicklung jederzeit ändern. Das konservativste vorstellbare Mittel zur Eindämmung der Weltkriegsgefahr wäre eine Weltregierung – doch selbst dann, wenn eine solche ungeachtet aller Schwierigkeiten zustande käme, würde damit die Mehrzahl der anderen gravierenden Probleme der wissenschaftlich-technischen Welt ungelöst bleiben. Deshalb stelle sich die Frage, „ob nicht gesellschaftlich radikalere Lösungen möglich sind, die die Weltregierung ganz oder teilweise überflüssig machen. Unsere grundsätzliche Aufmerksamkeit muss daher, gerade wenn es um den Weltfrieden geht, heute in erster Linie anderen Problemen als der Kriegsverhütung gelten“⁷⁶. Deshalb hält es von Weizsäcker für unerlässlich, sich den inneren Zusammenhängen der kontemporären Weltgesellschaft in ihrer ganzen Komplexität zuzuwenden.

Dies soll auf den beiden Themenfeldern „Industriegesellschaft“ und „Entwicklungsländer“ geschehen. Mit der Auswahl dieser beiden Schwerpunkte kommt das zentrale Ungleichgewicht im Weltsystem des späten 20. Jahrhunderts in den Blick. Es ist symptomatisch für von Weizäckers Orientierung auf komplexe Zusammenhänge, dass er gerade deshalb, weil es ihm primär um den Weltfrieden geht, sein Institut nicht – wie es in der Initialphase durchaus diskutiert wurde – in die damals sehr populäre Schublade „Friedensforschung“ eingeordnet wissen möchte. Die Industriegesellschaften gingen in die 1970er Jahre „mit erschüttertem Selbstvertrauen und gewachsener Kritik aus der eigenen Mitte“. Zwar scheine der „äußere Fortschritt“ in Form des unvermindert angestrebten Wirtschaftswachstums weiterhin garantiert, und eine „vordergründige Futurologie“ extrapoliere die Chancen und Wege dieses Fortschritts, doch zugleich

74 Ebenda, S. 3.

75 Ebenda, S. 5.

76 Ebenda, S. 5.

„wächst die Empfindung, ja Überzeugung, dass die entscheidenden Fragen damit überhaupt nicht berührt sind“. Teilweise gebe es gar keinen Fortschritt, teilweise (wie bei den Umweltproblemen) „sogar Rückschritte bis zu akuter Bedrohung. Das Institut wird sich überwiegend mit diesen negativen Aspekten und den Möglichkeiten der Abhilfe beschäftigen“⁷⁷.

Nach Vorliegen des Auflösungsbeschlusses sah von Weizsäcker „die Ausschließlichkeit, mit der seine Projekte kontroversen Themen gewidmet waren“, als eine Schwäche des Instituts. Er schrieb sich dies selbst zu und begründete es mit seinem Wunsch, „aus jedem Projekt etwas politisch Wichtiges zu lernen“. Die kritische Attitüde dieser Untersuchungen gegenüber den in der Bundesrepublik bestehenden Verhältnissen war attraktiv für junge Wissenschaftler mit linken politischen Orientierungen. Für von Weizsäcker war liberale Großzügigkeit gegenüber den politischen Ansichten und Motiven seiner Mitarbeiter, die mit den seinen oftmals nicht übereinstimmten, eine Selbstverständlichkeit, doch er legte dabei entschiedenen Wert darauf, „den Unterschied von politischer und fachlicher Kritik nicht zu verwischen“; damit konnte er auch gegen Ende der Lebenszeit des Instituts darauf vertrauen, „dass die entstandenen Arbeiten fachliche Kritik aushalten...“ Allerdings gab er sich keinen Illusionen darüber hin, dass die von ihm praktizierte politische Liberalität in einflussreichen Kreisen außerhalb und auch innerhalb der Max-Planck-Gesellschaft nicht eben zur Reputation des Instituts beitrug: „Ich täusche mich nicht darüber, dass das Institut auf dieser Ebene seinen Freunden und Feinden einiges zugemutet hat“⁷⁸. Drieschner drückt das wesentlich drastischer aus. Die politischen Ansichten aus dem Institut seien „praktisch allen Senatoren der MPG höchst zuwider“ gewesen: „Innerhalb des Instituts war Weizsäcker ja ein extremer Rechter, einziger und typischer Vertreter des Establishments; in den Gremien der MPG hingegen wirkte er ausgesprochen links...“⁷⁹. Für die auf die Industriegesellschaft wie für die auf die Entwicklungsländer gerichteten Arbeiten konzipiert Carl Friedrich von Weizsäcker eine mehrstufige oder mehrschichtige Kausalanalyse, an der auch deutlich wird, wie die verschiedenen am Institut vertretenen Disziplinen ineinander greifen sollen.

Die konzeptionelle Phase erstreckte sich noch bis 1972. Damit wurde ein enormer Ideenvorrat akkumuliert, der ausreichte, um dem Institut eine längere Perspektive gehaltvoller Arbeit zu eröffnen. Zunächst war die Arbeit des Instituts nach problemorientierten Projektgruppen gegliedert, für die Carl Friedrich von

77 Ebenda, S. 6.

78 Weizsäcker, C. F. v., *Erforschung* (1979), S. 480 – 481.

79 Drieschner, M., *Die Verantwortung* (1996), S.17.

Weizsäcker und der 1971 als Kodirektor eingetretene Philosoph und Soziologe Jürgen Habermas gemeinsam die Verantwortung trugen, später erfolgte eine formelle Gliederung des Instituts in zwei jeweils einem der beiden Direktoren zugeordnete Abteilungen. Seit 1972 standen sechs große Projekte im Zentrum der Institutsarbeit; Carl Friedrich von Weizsäcker gibt darüber einen kurzen Überblick.⁸⁰

5. *Epilog*

Am 30. Juni 1980 trat Carl Friedrich von Weizsäcker in den altersbedingten Ruhestand. Er war damals bereits achtundsechzig Jahre alt, eine weitere Verlängerung seiner Amtszeit erschien nach den Regularien der Max-Planck-Gesellschaft nicht mehr möglich und ist, soweit ich bisher weiß, auch nicht erörtert worden. Mit dem Ausscheiden des bisherigen Direktors sollten auch die mit seiner Person verbundenen Arbeitsrichtungen nicht fortgeführt werden. Selbst dann, wenn das Institut mit veränderter Besetzung weiter gearbeitet hätte, wäre auf jeden Fall die Wissenschaftsforschung – jedenfalls in ihrer auf die Grundprobleme der Menschheitsentwicklung orientierten Ausprägung – aus dem Zentrum seiner Tätigkeit verschwunden.

Über eine Weiterführung wurde in zwei Stufen nachgedacht. Zunächst wurde erwogen, den damaligen Präsidenten der London School of Economics, Ralf Dahrendorf, anstelle von Weizsäckers zu gewinnen. Ralf Dahrendorf war Senator der Max-Planck-Gesellschaft und hatte selbst Überlegungen dazu unterbreitet, wie nach von Weizsäckers Ausscheiden die Arbeit des Instituts fortgesetzt werden könnte. Daraus war ersichtlich, dass er nicht an von Weizsäckers Programm anknüpfen, sondern ein eigenes Programm realisieren wollte. Wenig später bestritt er jedoch, überhaupt jemals über eine Berufung an das Starnberger Institut verhandelt zu haben, so dass diese Variante entfiel⁸¹.

Nunmehr wurde angestrebt, die Starnberger Einrichtung in ein Max-Planck-Institut für Sozialforschung umzuprofilieren und gleichzeitig nach München zu verlegen. Die Kontinuität sollte dadurch gewahrt werden, dass der Arbeitsbereich des bisherigen Kodirektors Jürgen Habermas zum Kern des neu profilierten Instituts ausgebaut würde. Als weiterer Direktor wurde der Heidelberger Psychologe Franz Emanuel Weinert berufen. Jürgen Habermas' Eintritt in das Institut war in einflussreichen Kreisen nicht ohne Misstrauen betrachtet worden, denn er galt zu

80 Weizsäcker, C. F. v., *Erforschung* (1979), S. 467 – 474.

81 Koblunn, F., In Starnberg kein Dahrendorf. Haben die „linken Spinner“ in von Weizsäckers MPI doch noch eine Chance? – In: *Vorwärts* Nr. 46 vom 8.11.1979, S. 15.

jener Zeit als Neomarxist, und Ergebnisse seiner Starnberger Periode waren unter anderem die Bücher *Legitimationsprobleme im Spätkapitalismus* (1973) und *Zur Rekonstruktion des Historischen Materialismus* (1976)⁸². Carl Friedrich von Weizsäcker, der nach eigenen Angaben von sich aus auf Jürgen Habermas zugegangen war, hatte sich von diesem eine nachdrückliche Verstärkung der sozialwissenschaftlichen Komponente seines ehrgeizigen interdisziplinären Programms versprochen, und er äußerte sich über seinen Partner und die Zusammenarbeit mit ihm stets mit großer Hochachtung: „Ich bedurfte der Partnerschaft eines solchen Mannes, und er hat sie mir gewährt“⁸³. Ehe aber die vorgesehene Umgestaltung des Instituts Realität werden konnte, teilte Jürgen Habermas im April 1981 dem Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft Reimar Lüst seinen Rücktritt mit und informierte zugleich über seine Absicht, an eine Universität zu gehen. Dieser Nachricht fügte die *Süddeutsche Zeitung* vom 14. April 1981 einen von Hans Heigert verfassten Kommentar mit der Überschrift „Das Desaster von Starnberg“ an. Das einst mit viel Vorschußlorbeeren bedachte Institut von Weizsäckers, so Hans Heigert, ende mit einem Desaster: „So viel lässt sich voraussagen, den Rücktritt des renommierten Wissenschaftlers wird die ganze Einrichtung nicht überleben“⁸⁴. Man musste kein Prophet sein, um eine solche Aussage treffen zu können.

Im Frühjahr 1980 veröffentlichte Georg Picht, zu dessen Auszeichnung mit dem Friedenspreis des Deutschen Buchhandels 1963 Carl Friedrich von Weizsäcker die *Laudatio* gehalten hatte, in der *ZEIT* einen Aufsatz unter dem bezeichnenden Titel *Nachdenken nicht gefragt*. Ein einzigartiges Forschungsinstitut wird mit dem Leiter pensioniert. Der Beschluss, die drei großen bei von Weizsäcker gepflegten Forschungsschwerpunkte – Strategie und Friedenssicherung (Ost-West-Konflikt), globale Ökonomie (Nord-Süd-Konflikt) und Wissenschaftsforschung (Zukunft der wissenschaftlich-technischen Zivilisation) – ersatzlos einzustellen, lief Georg Picht zufolge darauf hinaus, dass die Forschung zur bewährten Routine ihrer traditionellen Disziplinen zurückkehrt. Diese Entscheidung wertete er als ein Alarmsignal: „Hier wird das einzige Institut geschlossen, das den offiziellen Auftrag hatte, die Strukturprobleme der heutigen Welt in ihrem Zusammenhang zu analysieren. Gewiss gibt es zahlreiche Forschungseinrichtungen, in denen isolierte Symptome der gegenwärtigen Weltkrise mit spezialwissenschaftlicher Akribie studiert werden. Aber die Realitäten bekommt man

82 Habermas, J., *Legitimationsprobleme im Spätkapitalismus*. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1973.

83 Weizsäcker, C. F. v., *Erforschung* (1979), S. 464.

84 Heigert, H., *Das Desaster von Starnberg*. – In: *Süddeutsche Zeitung* Nr. 87 vom 14.4.1981, S. 33.

auf diesem Weg nicht zu Gesicht; sie resultieren aus den Wechselwirkungen...“ Als einen besonders großen Verlust sah Georg Picht den Wegfall der Wissenschaftsforschung, deren Platz auf der Starnberger Agenda er mit folgenden Worten charakterisierte: „Weizsäckers Konzeption beruhte auf der Utopie, es müsse möglich sein, der heutigen Weltkrise mit den Methoden wissenschaftlicher Rationalität zu begegnen. Darin sprach sich ein noch nicht zur Verzweigung bereiter Glaube an die Möglichkeiten aufgeklärten Denkens aus. Rationalität bedeutet etwas anderes als jene Schwundstufe der Intelligenz, die bei Managern und Technokraten diesen Namen trägt. Wissenschaft sollte sich an Weizsäckers Institut nicht durch die Sucht nach Selbstbestätigung benebeln lassen, sondern neben den anderen Weltmächten auch sich selbst in ihrer Theorie und Praxis kritisch analysieren. In diesem Sinne gehörte die Wissenschaftsforschung zum Starnberger Programm“⁸⁵.

Einige Wochen später druckte die ZEIT ein Gespräch mit dem Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft Reimar Lüst, in dem er den beschwörenden Duktus Pichts mit der sarkastischen Bemerkung kommentierte, dieser sei durch Alarmsignale bekannt geworden. Im übrigen begründete er die Schließung des durch von Weizsäcker begründeten Arbeitsbereiches ganz formal mit dem in der Max-Planck-Gesellschaft üblichen Prinzip der Personalauswahl: Das Starnberger Institut sei ein typisches ad-personam-Institut, ohne Carl Friedrich von Weizsäcker wäre es nicht gegründet worden, für ihn habe es weder im In- noch im Ausland einen gleichwertigen Nachfolger gegeben, nichts sei so schlimm für die Forschung wie Mittelmaß, und der Beschluss, die Carl Friedrich von Weizsäcker initiierten Forschungslinien abzubrechen, zeige nur, „dass wir immer noch in der Lage sind, schwierige Entscheidungen dieser Art zu treffen“. Reimar Lüst behandelte die existentielle Problematik, auf die von Weizsäcker sein Institut orientiert hatte, ebenso wie jedes beliebige Spezialgebiet, für das die Max-Planck-Gesellschaft Institute gründen und wieder auflösen kann. Der strikt formale Charakter der Argumentation Reimar Lüsts kommt besonders deutlich in der folgenden Passage zum Ausdruck: „Herr von Weizsäcker hatte den von ihm geleiteten Bereich an diesem Institut vollständig auf seinen Forschungsbedarf zugeschnitten. Dies hat er wiederholt betont, und dies war sein gutes Recht. Schon deswegen war es höchst unwahrscheinlich, das Institut in der bisherigen Form fortführen zu können“⁸⁶.

85 Picht, G., Nachdenken nicht gefragt. Ein einzigartiges Forschungsinstitut wird mit dem Leiter pensioniert. – In: DIE ZEIT Nr. 11 vom 7.3.1980.

86 Auf die Qualität kommt es an. Warum das Starnberger Institut nicht weitergeführt wird – Ein Gespräch mit Reimar Lüst. – In: DIE ZEIT Nr. 20 vom 9.5.1980, S. 50.

Das Argument, eine zweite Persönlichkeit vom Format Carl Friedrich von Weizsäckers hätte sich nicht gefunden, ist kaum zu entkräften. Die Max-Planck-Gesellschaft war – ihrem Selbstverständnis entsprechend – nicht bereit zu erwägen, dass von Weizäckers Saat womöglich aufgegangen war und in seinem Umfeld Gruppen kreativer jüngerer Wissenschaftler entstanden sein könnten, die in der Lage waren, im Sinne des Institutsgründers selbständig auf hohem Niveau weiterzuarbeiten, ohne dass einzelne Mitarbeiter dieser Teams ihre Kollegen turmhoch überragt hätten. Unter den Mitarbeitern gab es ein starkes Bestreben, die Arbeitszusammenhänge zu bewahren, die sich unter von Weizäckers dialogischer Leitung herausgebildet hatten. Aus ihrem Kreis wurde während der Auflösungsphase geltend gemacht, dass jeder von ihnen – jeweils für sich – längst eine angemessene Stellung außerhalb des Instituts gefunden haben könnte, sie es aber vorziehen würden, ihre gemeinsamen Arbeiten fortzusetzen, die noch weit von jedem Abschluss entfernt waren. Damit hatten sie in der Max-Planck-Gesellschaft keine Chance.

In den lebhaften publizistischen Debatten jener Jahre um das Schicksal des Instituts wurde nicht selten behauptet, von Weizsäcker hätte es versäumt, herausragende Mitarbeiter heranzuziehen. Wenn eines der damals gängigen Argumente vollkommen an den Haaren herbeigezogen war, dann war es eben dieses. Da es hier nicht möglich ist, das detailliert zu belegen, mag es genügen, nur die Autoren des ersten Bandes der „Starnberger Studien“ (1978) zu nennen, der den Titel „Die gesellschaftliche Orientierung des wissenschaftlichen Fortschritts „trug und einen Markstein in der Geschichte der Wissenschaftsforschung in der Bundesrepublik darstellt: Gernot Böhme, Wolfgang van den Daele, Rainer Hohlfeld, Wolfgang Krohn, Wolf Schäfer und Tilman Spengler. Jedem, der sich für Wissenschaftsforschung interessiert, sind diese Namen heute ohne nähere Erläuterung bekannt, jede dieser Persönlichkeiten hat eine respektable Publikationsliste aufzuweisen. Sie alle waren Mitarbeiter von Weizäckers in Starnberg und befanden sich damals im besten Leistungsalter zwischen dreißig und vierzig, und Gernot Böhme war der einzige unter ihnen, der bereits eine Professur innehatte (seit 1977 an der TH Karlsruhe). Nach der fachlichen Herkunft seiner Mitglieder reichte dieses Team von Physik und Biologie bis Sinologie und Jura; einige hatten einen Teil ihres Studiums auch der Philosophie gewidmet, so dass sie über eine gemeinsame integrative Sprache verfügten, die für die Tätigkeit einer interdisziplinär arbeitenden Gruppe von großer Bedeutung war. Mit der Auflösung dieses Teams beraubte sich die Max-Planck-Gesellschaft einer einzigartigen Möglichkeit, das damals noch juvenile Feld der Wissenschaftsforschung auf dem Niveau akademischer Grundlagenforschung zu repräsentieren. In der Bundesrepublik erfolgte ihre Entwicklung dezentral unter weitaus ungünstigeren Verhältnissen, als

es an einem Max-Planck-Institut möglich gewesen wäre. Erst später bildete sich in Bielefeld um Peter Weingart ein neues Zentrum, in das Wolfgang Krohn das Vermächtnis der Starnberger Tradition einbrachte.

Die kurze Geschichte des Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt bleibt im wesentlichen noch zu untersuchen, ihr erheblicher, vielgestaltiger und wohl auch heterogener wissenschaftlicher Ertrag bedarf einer Zusammenschau und einer auf die institutionellen Bedingungen der Arbeit rückbezogenen Analyse. So offen die äußeren Umstände der Auflösung zutage liegen, so schwierig ist die Erhellung der eigentlichen Gründe, warum dieses Institut nicht überlebt oder wenigstens noch ein weiteres Jahrzehnt nach von Weizsäckers Ausscheiden bestanden hat. Die heftigen Angriffe von konservativer Seite, deren sich das Institut zu erwehren hatte – etwa in der sogenannten Finalisierungsdebatte – sind noch in lebhafter Erinnerung, und die Versuchung ist groß, darin eine hinreichende Erklärung für die letztendliche Auflösung zu sehen, für die Carl Friedrich von Weizsäcker altersbedingtes Ausscheiden einen willkommenen Anlass bot. Weit weniger sicher ist zu sagen, inwieweit innere Schwächen des Instituts zu seinem jähen Ende beigetragen haben könnten. Von den Mitarbeitern bis hin zu von Weizsäcker selbst wurde retrospektiv der Eindruck formuliert, dem enormen Anspruch der Gründungsentention an die Interdisziplinarität der Arbeit nicht gerecht geworden zu sein. So bemerkt Drieschner aus der Perspektive der damaligen Mitarbeiter: „Die ursprünglich gestellte Aufgabe, nämlich in interdisziplinärer Zusammenarbeit Lösungen für die großen durch Wissenschaft und Technik verursachten Probleme vorzuschlagen, und das im Zusammenhang mit den großen philosophischen Fragen, diese Aufgabe ist nicht erfüllt worden. Sie konnte wohl nicht erfüllt werden, weil so etwas einfach zu schwer ist. Man wird also das Scheitern schon da ansetzen müssen, wo überhaupt ein solcher Plan ernsthaft erwogen wurde...“⁸⁷. Carl Friedrich von Weizsäcker stellt fest, dass die Projekte mit ihrer inneren Weiterentwicklung in eine wachsende gegenseitige Isolierung geraten seien, und resümiert, „dass wir das Problem der interdisziplinären Arbeit nicht zu lösen vermocht hatten“⁸⁸. Vor allem zwei Gründe macht er dafür namhaft – einen epistemischen und einen sozialen. Die große Fremdheit zwischen den Denkweisen der verschiedenen am Institut vertretenen Disziplinen – er nennt verschiedene Beispiele – hatte auch ihn überrascht: „Ich traue mir zu, mit Vertretern jeder dieser Fachrichtungen zu reden, aber es ist mir nicht gelungen, sie zu gemeinsamer wissenschaftlicher Produktivität zu veranlassen“. Zudem birgt die Sozialstruktur der

87 Drieschner, M., *Die Verantwortung* (1996), S. 18.

88 Weizsäcker, C. F. v., *Erforschung* (1979), S. 481.

Wissenschaft „ein entscheidendes Hindernis gegen interdisziplinäre Arbeit. Die Karriere eines jungen Wissenschaftlers hängt vom Urteil seiner Fachgenossen über seine fachlich spezialisierten Arbeiten ab. Alles andere wird allenfalls als Al-lotria geduldet. Wer aus Sachmotiven in ein interdisziplinäres Institut geht, der riskiert seine Karriere“⁸⁹. Wo aber liegt das Maß zumutbarer, realisierbarer Interdisziplinarität? Die eingehende Untersuchung des Exempels Starnberg könnte uns einer Antwort näher bringen.

89 Ebenda, S. 482.

Innovative Neurotechnologie : ethische und anthropologische Implikationen¹

1. Einleitung

Fortschritte in den Neurowissenschaften eröffnen ein immer besseres Verständnis des menschlichen Gehirns. Gemeinsam mit einer immer weiter fortschreitenden Miniaturisierung mikroelektronischer Bauteile wird dadurch die direkte Verbindung zwischen dem menschlichen Gehirn und Computern möglich.

Neurotechnologien sind seit einigen Jahren im klinischen Einsatz. Besonders bekannt sind die Cochlea-Implantate und die Tiefenhirnstimulation. Bei ersteren werden für die Behandlung von Gehörlosigkeit Elektroden zur Stimulation des Hörnervs in das Innenohr implantiert. Bei der Tiefenhirnstimulation werden die Elektroden dagegen in eng umgrenzte Bereiche direkt im Gehirn implantiert. Sie werden bei schweren Formen von Morbus Parkinson im Endstadium zur Behandlung der motorischen Dysfunktionssymptome eingesetzt.

Jüngeren Datums sind dagegen ableitende Verfahren wie der Einsatz von Gehirn-Computer-Schnittstellen zur Ansteuerung motorischer Neuroprothesen. Diese Geräte befinden sich gegenwärtig im Übergang von der Phase der tierexperimentellen Grundlagenforschung zu ersten Einsätzen beim Menschen.²

Alle diese neurotechnischen Innovationen werfen zahlreiche ethische Fragen auf, die in der Erforschung dieser viel versprechenden Technologien zu berücksichtigen sind. Diese reichen von den klassischen Fragen der Nutzen-Risiko-Abwägung und des Informed Consent über forschungsethische Fragen, wer eigentlich als Proband für die erforderlichen Versuche in Frage kommt, bis hin zu den geeigneten und ethisch vertretbaren Einsatzgebieten der Neurotechnologie.³

Die künftige Etablierung moderner Neurotechnologien wird aber auch eine Herausforderung für klassische Begrifflichkeiten und unser Verständnis des Men-

1 Vorgetragen auf der Tagung „Wissenschaft und Innovation“ im Produktionstechnischen Zentrum der Technischen Universität Berlin am 27. und 28. März 2009.

2 Hochberg, L. R. / Serruya, M. D. / Friehs, G. M. / Mukand, J. A. / Saleh, M. / Caplan, A. H. / Branner, A. / Chen, D. / Penn, R. D. / Donoghue, J. P., Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. – In: Nature. 442(2006)7099, S. 164 – 171.

schen darstellen. Denn schon jetzt ist abzusehen, dass die immer weiter fortschreitende Annäherung von Mensch und Technik die Grenzen der klassischen aristotelischen Unterscheidung zwischen Natur und Technik mehr und mehr verschwimmen lässt. Wird die Technik ein Teil des Selbstkonzepts des Menschen, wenn sie in das Gehirn implantiert und funktional integriert wird? Welche Bedeutung hätte dies für unser Verständnis von moralischem Handeln, Zurechnungsfähigkeit, Verantwortung und Selbstbestimmung?

Dieser Beitrag konzentriert sich auf ethische und anthropologische Aspekte derjenigen Technologien, die Hirnaktivität ableiten, um die neuronalen Signale zur Ansteuerung externer Geräte zu verwenden. Diese Geräte werden als – (Brain-Computer-Interface, BCI) oder – meist bei invasiven Signalableitungen – als Brain-Machine-Interface (BMI) bezeichnet. Anhand dieser technischen Ansätze werden die ethischen und anthropologischen Fragen innovativer Neurotechnologien paradigmatisch betrachtet. Der auf diese Einleitung folgende Abschnitt stellt in einer knappen Übersicht Aufbau und Funktionsweise dieser Geräte vor (2). Anschließend werden anthropologische Fragen entwickelt, die mit dem technischen Zugriff auf das menschliche Gehirn verbunden sind. Im Zentrum stehen dabei die Unterscheidung zwischen Natur und Technik sowie der Werkzeugbegriff (3). Der abschließende Abschnitt diskutiert dann die mit den anthropologischen Herausforderungen verbundenen ethischen Fragen. Er konzentriert sich auf die Aspekte von Autonomie und Selbstbestimmung sowie die Frage nach der Verantwortung bei der Nutzung dieser innovativen Neurotechnologien (4).⁴

2. *Der technische Zugriff auf das Gehirn*

Gehirn-Computer-Schnittstellen bestehen in der Regel aus drei Komponenten, dem internen Interface, der zentralen Recheneinheit und dem externen Interface.

- 3 Clausen, J., Moving minds: ethical aspects of neural motor prostheses. – In: *Biotechnology Journal*. 3(2008a)12, S. 1493 – 1501; Decker, M. / Fleischer, T., Contacting the brain - aspects of a technology assessment of neural implants. – In: *Biotechnology Journal*. 3(2008)12, S. 1502 – 1510; Clausen, J., Man, machine and in between. – In: *Nature*. 457(2009a)7233, S. 1080-1081; Schermer, M., The Mind and the Machine. On Conceptual and Moral Implications of Brain-Machine Interaction. – In: *Nanoethics*. Published online: 01 December 2009(2009)S; Tamburrini, G., Brain to Computer Communication: Ethical Perspectives on Interaction Models. – In: *Neuroethics*. 2(2009)3, S. 137 – 149.
- 4 Die nachfolgenden Überlegungen gehen zurück auf Clausen, J., Gehirn-Computer-Schnittstellen: Anthropologisch-ethische Aspekte moderner Neurotechnologien. – In: *Die »Natur des Menschen« in Neurowissenschaft und Neuroethik*. Hrsg. v. Jens Clausen, O. Müller u. G. Maio. Würzburg: Königshausen & Neumann 2008. S. 39 – 58.

Diese sind je nach Anwendungsbereich dann unterschiedlich gestaltet. Das interne Interface stellt die Verbindung des Geräts zum Gehirn her, hier werden die Signale zwischen Gehirn und Technik übertragen. In der zentralen Recheneinheit laufen die Informationen zusammen. Hier werden sie verarbeitet, so dass diese Komponente letztlich das Brain-Computer-Interface als Ganzes kontrolliert und koordiniert. Das externe Interface stellt die Verbindung zur Außenwelt her. Dies kann beispielsweise über ein Computerprogramm geschehen oder auch durch eine künstliche Extremität, die dann als Brain-Computer-Interface gesteuerte Prothese fungiert. Auch stimulierende Neurotechnologien wie das Cochlea-Implantat oder der Tiefenhirnstimulator sind prinzipiell aus diesen drei Komponenten aufgebaut.⁵ Während bei stimulierenden Systemen die Signale extern generiert werden, um dann spezifische neuronale Strukturen zu erregen, ist der Informationsfluss bei den ableitenden Verfahren genau andersherum: am internen Interface werden Hirnsignale abgeleitet, an die zentrale Recheneinheit zur Weiterverarbeitung geleitet, die dann Outputsignale generiert, um das jeweils angeschlossene externe Interface zu steuern.

Ableitende Gehirn-Computer-Schnittstellen werden bereits seit den 1990er Jahren bei Patienten zur Ansteuerung externer Effektoren eingesetzt. Gelähmten Patienten beispielsweise mit Locked-In-Syndrom kann auf diese Weise eine Möglichkeit zur Kommunikation eröffnet werden.⁶ Dazu wird ein nicht-invasives Verfahren eingesetzt, das mittels Elektroenzephalogramm Hirnströme ableitet.⁷ Diese werden dann in einen Computer eingespeist, um ein Buchstabeierungsprogramm zu bedienen. In einem oft langwierigen Prozess lernen die Patienten, neuronale Signale gezielt so zu erzeugen, dass sie unter Verwendung der Gehirn-Computer-Schnittstelle wieder schriftlich kommunizieren können, indem sie Buchstabe für Buchstabe einen Brief oder eine E-Mail schreiben. Die Möglichkeit, mit Freunden und Familie wieder Kontakt aufzunehmen, kann für die Lebensqualität der Patienten von enormer Bedeutung sein. Denn Freunde und Familie sind die wichtigste Komponente der Lebensqualität von ALS-Patienten.⁸

5 Siehe dazu beispielsweise Clausen, J., Ethische Aspekte konvergierender Technologien: Das Beispiel Gehirn-Computer-Schnittstellen. – In: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis. 18(2009)2, S. 20 – 29.

6 Birbaumer, N. / Ghanayim, N. / Hinterberger, T. / Iversen, I. / Kotchoubey, B. / Kübler, A. / Perelmouter, J. / Taub, E. / Flor, H., A spelling device for the paralysed. – In: Nature. 398(1999)6725, S. 297 – 298.

7 Pfurtscheller, G. / Neuper, C. / Birbaumer, N., Human Brain-Computer Interface. – In: Motor Cortex in Voluntary Movements - A Distributed System for Distributed Functions. Hrsg. v. A. Riehle and E. Vaadia. New York: CRC Press 2005. S. 367 – 401.

Für Querschnittsgelähmte besteht die Hoffnung, künftig ähnlich konstruierte Systeme als motorische Neuroprothesen einsetzen zu können. Dafür würden die abgeleiteten neuronalen Signale zur Steuerung eines Roboterarms eingesetzt werden. Als Fernziel gilt die Ansteuerung des eigenen natürlichen Arms. Aktuelle Versuche an Affen zeigen, dass Brain-Machine-Interface-gesteuerte motorische Prothesen ein Übergangsstadium dieser Technologien sein könnten. Denn dem Team von Eberhard Fetz aus Washington ist einem Proof-of-Principle-Experiment der Nachweis gelungen, dass Affen tatsächlich mittels Brain-Computer-Interface den eigenen (im experimentellen Setting vorübergehend pharmakologisch gelähmten Arm) bewegen.⁹

Auf Gehirn-Computer-Schnittstellen gestützte motorische Neuroprothesen werden derzeit zwar vorwiegend tierexperimentell erforscht,¹⁰ erste Studien werden allerdings auch schon am Menschen durchgeführt.¹¹ Die Ableitung der Signale erfolgt dabei meist durch intrakortikale Elektroden, die direkt in den Kortex implantiert werden. Denn die mittels Elektroenzephalogramm zu erhaltenden Informationen sind begrenzt und können die für die Ansteuerung eines Roboterarms erforderliche Genauigkeit wohl nicht erreichen.¹²

Mit direkt in die Gehirns substanz implantierten Einzelelektroden oder Elektrodenarrays von bis zu Hundert Elektroden lässt sich zwar eine größere Auflösung erzielen, allerdings besteht bei der Implantation die Gefahr, Hirngewebe zu verletzen.¹³ Daher werden in jüngster Zeit epikortikale Gitterelektroden erforscht, die auf der Oberfläche des Kortex platziert werden. Auf diese Weise können Hirnoberflächensignale (epikortikale Feldpotentiale) abgeleitet werden, die wesentliche motorische Informationen enthalten und für den Einsatz in motori-

- 8 Kübler, A. / Weber, C. / Birbaumer, N., Locked-in - freigegeben für den Tod. Wenn nur das Denken und Fühlen bleibt - Neuroethik des Eingeschlossenseins. – In: Zeitschrift für medizinische Ethik. 52(2006)S. 57 – 70.
- 9 Moritz, C. T. / Perlmutter, S. I. / Fetz, E. E., Direct control of paralysed muscles by cortical neurons. – In: Nature. 456(2008)7222, S. 639 – 642.
- 10 Velliste, M. / Perel, S. / Spalding, M. C. / Whitford, A. S. / Schwartz, A. B., Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding. – In: Nature. 453(2008)S. 1098 – 1101.
- 11 Hochberg, L. R. / Serruya, M. D. / Friehs, G. M. / Mukand, J. A. / Saleh, M. / Caplan, A. H. / Branner, A. / Chen, D. / Penn, R. D. / Donoghue, J. P., Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. – In: Nature. 442(2006)7099, S. 164 – 171.
- 12 Nicoletis, M. A. L., Actions from thoughts. – In: Nature. 409(2001)6818, S. 403 – 407.
- 13 Zu den technischen Anforderungen an die Konstruktion von implantierbaren Elektroden siehe beispielsweise Stieglitz, T., Neuroprothesen als Schnittstellen zum peripheren und zentralen Nervensystem – Ein- und Aussichten aus dem Blickwinkel der biomedizinischen Technik. – In: Die »Natur des Menschen« in Neurowissenschaft und Neuroethik. Hrsg. v. Jens Clausen, O. Müller u. G. Maio. Würzburg: Königshausen & Neumann 2008. S. 59 – 77.

schen Neuroprothesen geeignet erscheinen.¹⁴ Bei diesem Verfahren muss zwar der Schädel geöffnet werden, allerdings wird in das Gehirn selbst nicht eingedrungen, so dass die Verwendung von epikortikalen Elektroden graduell weniger invasiv ist als die Verwendung intrakortikaler Elektroden.

3. *Innovative Technik und tradierte Begrifflichkeiten*

Bei technischen Innovationen ist es nicht von vornherein klar, dass die tradierten Begrifflichkeiten ohne weiteres auf sie anwendbar sind. Da die direkte Steuerung und Kontrolle von technischen Geräten mittels abgeleiteter Hirnsignale eine grundlegende Neuerung in Technologie und Werkzeuggebrauch darstellt, soll der folgende Abschnitt zunächst klassische Begrifflichkeiten in Bezug auf Gehirn-Computer-Schnittstellen klären. Sind die traditionellen Begrifflichkeiten wie die Unterscheidung zwischen Natur und Technik geeignet, diese innovativen Technologien angemessen zu beschreiben und zu erfassen? Wo treten semantische Spannungen auf? Ist die Verwendung von Gehirn-Computer-Schnittstellen konzeptionell vergleichbar mit dem traditionellen Werkzeuggebrauch?

3.1. Natur oder Technik; Mensch oder Maschine?

Die Nutzung von Technik ist ein Charakteristikum des Menschen als homo faber: Menschen konstruieren und nutzen seit jeher Werkzeuge, um ihr Überleben zu sichern. Durch die immer elaboriertere Gestaltung technischer Werkzeuge nähern sich Mensch und Technik allerdings immer weiter an, und bei der direkten Verbindung von Technik mit dem menschlichen Gehirn über Gehirn-Computer-Schnittstellen beginnen schließlich die Grenzen zwischen Natur und Technik zu verschwimmen. Da das Gehirn die organische Grundlage für zentrale Aspekte unseres menschlichen Selbstverständnisses ist, sind mit der funktionalen Integration von technischen Komponenten in Hirnprozesse fundamentale anthropologische Herausforderungen verbunden. Denn die Technik ist nicht mehr nur ein getrennt vom Menschen zu betrachtendes Werkzeug, sondern wird zu einem integralen Bestandteil seines Selbstkonzepts.

Beim Einsatz von Gehirn-Computer-Schnittstellen wird die Unterscheidung zwischen Natur und Technik schwierig. Im lebensweltlichen Alltag lassen sich Natur und Technik meist noch sehr gut voneinander unterscheiden. Eine Pflanze wird der Natur zugerechnet, ein Werkzeug der Technik. Dieser alltäglichen Klas-

14 Pistohl, T. / Ball, T. / Schulze-Bonhage, A. / Aertsen, A. / Mehring, C., Prediction of arm movement trajectories from ECoG-recordings in humans. – In: *Journal of Neuroscience Methods*. 167(2008)1, S. 105 – 114.

sifikation liegt die aristotelische Unterscheidung zwischen Natur und Technik zugrunde. In dieser Gegenüberstellung von Natur und Technik gehört der Mensch ganz klar zur Natur. Denn Natur ist alles das, was „in sich selbst einen Anfang von Veränderung und Bestand“ hat.¹⁵ Künstliche Dinge sind dagegen durch technische Konstruktion vom Menschen erschaffen worden. Als Artefakte haben sie „keinerlei innewohnenden Drang zur Veränderung“ und der Anfangsgrund ihrer Herstellung liegt außerhalb ihrer selbst.¹⁶ Damit scheint aus aristotelischer Perspektive eine klare Einteilung möglich: Der Mensch ist Teil der Natur und die von ihm geschaffene Technik, die Gehirn-Computer-Schnittstelle ist ein Artefakt. Bei genauerem Hinsehen ist bei den hier besprochenen Neurotechnologien eine klare Zuordnung zu einer der beiden Seiten allerdings nicht mehr ganz so eindeutig. Denn Gehirn-Computer-Schnittstellen fordern diese strikte Dichotomisierung auf spezifische Weise heraus. Die direkte Verbindung zwischen Technik und menschlichem Gehirn lässt die Grenzen zwischen Mensch und Technik verschwimmen.

Zwar lassen sich aus einer externen Beobachterperspektive Mensch und Technik materiell relativ gut von einander separieren. Selbst wenn es manchmal etwas aufwendiger ist, Implantate zu detektieren, die Elektroden, Kabel und Computer sind noch leicht als Artefakt erkennbar. Auch wenn ein in seinem Äußeren der natürlichen Extremität nachempfundener Roboterarm einer Brain-Machine-Interface-basierten motorischen Prothese bei flüchtigem Hinsehen zunächst als natürlicher Arm angesehen würde, ließe sich dies bei näherem Hinsehen schnell als Irrtum erkennen.

Auf einer anderen Ebene wird diese Unterscheidung allerdings sehr viel schwieriger. Denn die Elektroden der hier diskutierten Systeme sind nicht nur physisch mit dem Gehirn verbunden und teilweise auch in das Organ implantiert. Sie sind auch – und vor allem – funktional in die elektrophysiologischen Prozesse des Gehirns und die damit verbundenen neuronalen Funktionen integriert. Die Technik als das ursprünglich Andere rückt auf diese Weise immer näher an den Menschen selbst heran und kann sogar Teil des Menschen selbst werden. Das in materieller Hinsicht klar vom Menschen abgrenzbare Artefakt wird funktionell in neuronale Prozesse des Menschen integriert und damit zu einem integralen Bestandteil seines Selbstverständnisses.

Dies ist keine akzidentielle Eigenschaft der Gehirn-Computer-Schnittstellen, die sich gegebenenfalls umgehen ließe. Die funktionale Integration in die neuronalen Prozesse ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass diese Technologien

15 Aristoteles, Physik, 192 b 13.

16 Aristoteles, Physik, 192 b 20ff.

überhaupt wie gewünscht arbeiten und die mit ihnen angestrebten Ziele erreichen können. Die willentliche Ansteuerung externer Effektoren kann nur gelingen, wenn das technische System funktional mit den entsprechenden Hirnprozessen gekoppelt ist.

Ist die Integration von Gehirn-Computer-Schnittstellen in das Selbstkonzept des Menschen vergleichbar mit der Integration von herkömmlichen Artefakten, die der Mensch als Werkzeug nutzt? Ein Blick auf den Gebrauch von herkömmlichen Werkzeugen ist dafür unerlässlich.

3.2 Nutzung von Gehirn-Computer-Schnittstellen und Werkzeuggebrauch

Nach der „Extended Mind“-Theorie von Andy Clark und David Chalmers ist die Integration in das Selbstkonzept kein Spezifikum von Gehirn-Computer-Schnittstellen. Sie behaupten, dass jedes Gerät, das der Mensch als Werkzeug nutzt, in sein Selbstkonzept integriert wird.¹⁷ Eines ihrer prominenten Beispiele ist das Notebook. Indem das Notebook – beispielsweise zum Schreiben dieses Textes – benutzt wird, bleibt es nicht einfach ein externes Gerät, sondern wird in das Selbstkonzept des Nutzers integriert und wird ein Teil seiner geistigen Prozesse. Durch die Nutzung des Notebooks werden die geistigen Prozesse des Nutzers erweitert, daher sprechen die beiden vom „extended mind“. Auch externe Prozesse, die außerhalb des Schädels ablaufen, können Teil des „extended mind“ sein, denn dieser beinhaltet alle Mechanismen und Ressourcen, die wir zum Denken verwenden. Die Benutzung von Taschenrechner und Notebooks erweitert dieses Denken daher auf spezifische Weise. Insofern unsere kognitiven Prozesse teilweise auf externen Geräten beruhen, handelt es sich nach dieser Theorie um einen „extended mind“. Grundlegender und unabhängig von kognitiven Prozessen, geht Clark davon aus, dass auch der Gebrauch von ganz einfachen Werkzeugen auf einer virtuellen Integration in das Körperkonzept beruht, die zu einer Erweiterung des Handelnden selbst führt, zu einem „extended agent“.¹⁸ Technik wird virtuell in das Körperkonzept integriert und erweitert ihn dadurch zu einem „extended body“. Auch ein Stock werde auf eine Weise inkorporiert, dass es sich so anfühlt, als ob wir die Erde am Ende des Stocks berühren, und für gewöhnlich nicht so, dass wir den Stock mit der Hand berühren.¹⁹ Die Möglichkeit der Inkorporation beruht auf einem Konzept vom Menschen, in dem die Plastizität eine essentielle

17 Clark, A. / Chalmers, D., The extended mind. – In: *Analysis*. 58(1998)1, S. 7 – 19.

18 Clark, A., Re-Inventing Ourselves: The Plasticity of Embodiment, Sensing, and Mind. – In: *Journal of Medicine and Philosophy*. 32(2007)3, S. 263 – 282, hier: 265.

19 Clark, A., Re-Inventing Ourselves: The Plasticity of Embodiment, Sensing, and Mind. – In: *Journal of Medicine and Philosophy*. 32(2007)3, S. 263 – 282, hier: 264.

Rolle spielt. Menschen sind weder in Bezug auf ihren Körper noch in Bezug auf Ihren Geist fixiert und festgelegt, vielmehr sind sie sehr flexibel und offen. „Human minds and bodies are essentially open to episodes of deep and transformative restructuring, in which new equipment (both physical and “mental”) can become quite literally incorporated into the thinking and acting systems that we identify as minds and persons.“²⁰

Die Offenheit und Plastizität des Menschen, die Clark hier betont, ist ein zentraler Aspekt, der dem Menschen Lernen ermöglicht. Ohne diese systemische Plastizität wäre es einem Menschen nicht einmal möglich, gehen zu lernen. Die Inkorporation von Artefakten in motorische Prozesse und Fortbewegung wird besonders anschaulich am Erlernen von Fahrradfahren oder Skifahren. Zunächst bedarf es einer mehr oder weniger langen Phase des Einübens, die darauf abzielt, die neuen Geräte ganz bewusst zu steuern und zu beherrschen. Richtig Fahrradfahren oder Skifahren kann man aber erst, wenn man nicht mehr über jede einzelne Bewegung nachdenken und sie ganz bewusst ausführen muss, sondern wenn diese quasi automatisch ablaufen, wenn der Entschluss, nach rechts zu fahren, zu den entsprechenden Gewichtsverlagerungen und Bewegungen führt, die dann tatsächlich in der Fahrt nach rechts resultieren. Dies wäre dann ein Fall von Integration der Artefakte in das Selbstkonzept des Nutzers. Clark nennt das dann „Inkorporation“.

Die Besonderheit der Inkorporation liegt nach Clark darin begründet, dass die Inkorporation mit Veränderungen in der Aktivität bestimmter als bimodal bezeichneter Neuronen einhergeht, die zu einer Ausweitung des rezeptiven Feldes führe.²¹ Clarks Beschreibung zur Inkorporation und die naturwissenschaftlichen Belege zu den damit verbundenen Veränderungen in der neuronalen Aktivität sind sehr erhellend und überzeugend. Jeder Werkzeuggebrauch des Menschen ist mit entsprechender Übung eine Inkorporation, die mit einer Ausweitung des rezeptiven Feldes verbunden ist. Folgerichtig sieht Clark in einer Gehirn-Computer-Schnittstelle nichts anderes als ein Werkzeug, das wie alle anderen Werkzeuge auch – wie der schon angesprochene Stock – in das Körperkonzept inkorporiert werden kann: „This discussion has emphasized the potential for new forms of human-machine (or brain-machine) interface [...]. They may augment and alter mind, sensing and body. But whatever the form, the key to successful integration and assimilation looks to be the same: the creation of new forms of rich, feed-

20 Ebd.

21 Maravita, A. / Iriki, A., Tools for the body (schema). – In: Trends in Cognitive Sciences. 8(2004)2, S. 79 – 86.

back-driven agent-world circuits, with sensing and acting under active intentional control.”²²

Die Auseinandersetzung mit der Umwelt unter aktiver, intentionaler Kontrolle setzt allerdings einen eigenständigen Akteur voraus. Clarks Konzeption beruht auf der Eigenständigkeit eines Akteurs, der in intentionaler, aktiver Auseinandersetzung mit der Umwelt und technischen Hilfsmitteln diese in sein Selbstkonzept integrieren kann. Das Werkzeug bleibt im Gegensatz dazu passiv.²³

Soweit ich sehe, gibt es zwar noch keine naturwissenschaftliche Studie zu den Fragen, ob und inwiefern die Nutzung von Gehirn-Computer-Schnittstellen das rezeptive Feld erweitert, wie Maravika und Irivi dies für andere Werkzeuge nachgewiesen haben. Allerdings gibt es indirekte Hinweise aus Experimenten an Affen, die eine Integration der Brain-Machine-Interface-gesteuerten motorischen Prothese in das Selbstkonzept nahe legen. Denn Andy Schwartz und seine Mitarbeiter konnten im Tierexperiment zeigen, dass ein Affe lernte, seine neuronalen Signale zu kontrollieren, dass er mittels Brain-Machine-Interface eine motorische Prothese steuern konnte. Ihm war es möglich, nach Futter zu greifen und dieses zum Mund zu führen, um sich selbst damit zu füttern.²⁴

Aus dieser Perspektive lässt sich die Verwendung von Gehirn-Computer-Schnittstellen also als Werkzeuggebrauch ansehen, der zwar ungewohnt ist, aber aus der Perspektive der „extended mind“ Theorie keine prinzipiellen Verwerfungen mit sich bringt. Neu ist allerdings, dass die externen Geräte direkt durch die vom Gehirn abgeleiteten neuronalen Signale gesteuert werden und nicht wie gewöhnlich durch die natürlichen Extremitäten, die Arme und Hände des Nutzers.

4. *Ethische Herausforderungen für Verantwortung und Autonomie*

Der technische Zugriff auf das menschliche Gehirn wirft vielfältige ethische Frage auf, die in Abhängigkeit vom Einsatzbereich der Geräte variieren.²⁵ Hier werde ich mich allerdings auf die Fragen nach Verantwortung und Autonomie

22 Clark, A., Re-Inventing Ourselves: The Plasticity of Embodiment, Sensing, and Mind. – In: *Journal of Medicine and Philosophy*. 32(2007)3, S. 263 – 282, hier: S. 280

23 Die Eigenständigkeit des Akteurs und die Passivität des Werkzeugs bei der Integration in das Selbstkonzept kann aber zumindest teilweise gerade verloren gehen, wenn Aktivität und Auseinandersetzung selbst unter technischem Einfluss stehen und durch Gehirntechnologien jedenfalls ein Stück weit gesteuert sind. Bei der Tiefenhirnstimulation kann man beispielsweise nicht mehr von einem passiven Werkzeug ausgehen. Denn durch die Stimulation werden die neuronalen Prozesse durch das Gerät ja gerade aktiv beeinflusst und der Nutzer ist ihnen gegenüber passiv.

24 Velliste, M. / Perel, S. / Spalding, M. C. / Whitford, A. S. / Schwartz, A. B., Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding. – In: *Nature*. 453(2008)S. 1098 – 1101.

konzentrieren. Denn beim Einsatz von motorischen Prothesen, die über eine Gehirn-Computer-Schnittstelle gesteuert werden, ist die Verantwortungsfrage keineswegs so eindeutig zu beantworten wie bei herkömmlichem Werkzeuggebrauch. Der externe Effektor kann nicht direkt durch die abgeleiteten neuronalen Signale angesteuert werden. Die Signale werden zunächst in einem Computer über Dekodierungsalgorithmen interpretiert, um daraus eine Bewegungsprognose zu errechnen. Schließlich generiert der Computer dann entsprechend dieser Prognose Signale, um beispielsweise einen Roboterarm gezielt anzusteuern. Letztlich wird die artifizielle Extremität also durch den Computer gesteuert, zwar auf der Basis von Signalen, die aus dem Gehirn abgeleitet wurden, allerdings werden diese nicht direkt weitergeleitet, sondern intensiv bearbeitet, um eine sinnvolle Ansteuerung zu ermöglichen.

Die auf den Dekodierungsalgorithmen beruhenden Bewegungsprognosen, sind allerdings genau dies, Prognosen und damit irrtumsanfällig. Im Tierversuch sind allerdings dennoch beeindruckende Ergebnisse erzielt worden (wie im oben angesprochenen Affenversuch). Dennoch ist mit Blick auf einen künftigen Einsatz beim Menschen natürlich zu fragen, wer für die Handlungen mit einer solchen motorischen Prothese eigentlich verantwortlich ist, insbesondere dann, wenn es um solche geht, die aus den möglichen Fehlinterpretationen resultieren.

Wenn die neuronale Motorprothese als ein Werkzeug angesehen wird, ist der Nutzer dieser Prothese für alle intentionalen Aktionen mit diesem Gerät verantwortlich. Für Aktionen, die auf einer Fehlfunktion des Systems beruhen, allerdings nicht. Das entspricht unserem Alltagsverständnis vom Umgang mit Technik. Ein Verkehrsunfall, der durch einen Fahrfehler verursacht wurde, ist dem Fahrer zuzurechnen. Geht er allerdings auf einen technischen Defekt oder einen Konstruktionsfehler zurück, kann bei entsprechender Sorgfaltspflicht des Fahrzeughalters auch der Hersteller verantwortlich sein.

Wie bei jeder andern Technik auch besteht selbstverständlich der technische Imperativ, die Gehirn-Computer-Schnittstelle so sicher wie möglich zu konstruieren. Eine vollständige Fehlerfreiheit wäre zwar wünschenswert, aber nicht realisierbar. Die verbleibende Unsicherheit könnte auf einer ganz pragmatischen Ebene über eine Versicherungspflicht – vielleicht auch durch einen Führerschein für Neurotechnologien – abgedeckt werden, um negative Auswirkungen für etwaig betroffene Dritte möglichst auffangen zu können.²⁶

25 Selbstverständlich müssen die Fragen je nach Gerät unterschiedlich akzentuiert und spezifiziert werden.

26 Siehe dazu: Clausen, J., Ethische Aspekte von Gehirn-Computer-Schnittstellen in motorischen Neuroprothesen. – In: *International Review of Information Ethics*. 5(2006)9, S. 25 – 32.

Um die Zuverlässigkeit dieser Geräte zu steigern, werden Machine-Learning-Algorithmen implementiert, so dass der Mensch sich nicht mehr an starre Dekodierungsalgorithmen anpassen muss, sondern das System gleichzeitig selbst lernt, die vom Nutzer generierten Signale adäquat zu interpretieren. Eine lernende Maschine zu nutzen – auch wenn sie zuverlässiger arbeitet als ein nicht-lernendes System –, bedeutet allerdings, die Kontrolle über das Ergebnis teilweise an das Gerät abzugeben. Der Nutzer des Systems teilt sich die Kontrolle mit dem System selbst. Wenn also das System selbst einen Teil der Kontrolle ausübt, kann dann der Nutzer überhaupt noch verantwortlich sein für die Ergebnisse? Guglielmo Tamburrini hat in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass der Hersteller nicht mehr garantieren kann, wie sich sein System in unterschiedlichen Situationen verhalten wird, weil es sich ja dynamisch an die neuronalen Vorgänge im Gehirn des Nutzers anpasst.²⁷ Diese sind aber höchstens zum Teil prognostizierbar. Zwar kennen wir auch heute schon Situationen, in denen wir für Handlungsergebnisse verantwortlich sind, die wir allenfalls höchst eingeschränkt kontrollieren können, wie beispielsweise bei der Verantwortung von Eltern für den Unfug ihrer Kinder. Ob und unter welchen Voraussetzungen dies ein geeignetes Modell für die Verantwortungszuschreibung bei der Nutzung von Gehirn-Computerschnittstellen ist – wie G. Tamburrini vorschlägt –, bleibt allerdings noch zu klären.

Ein weiterer Aspekt, den es unbedingt zu klären gilt, bezieht sich auf den – bereits seit knapp 20 Jahren praktizierten – Einsatz dieser Geräte zur Steuerung eines Buchstabierungsprogramms bei schwerstgelähmten Patienten. Niels Birbaumer hat auf die schwierige Sterbehilfeproblematik in diesen Fällen aufmerksam gemacht, wenn eine Patientenverfügung existiert, aber unklar ist, ob die gegenwärtig existierenden technischen Möglichkeiten überhaupt bekannt waren.²⁸ In Anbetracht der gerade diskutierten Unsicherheit in Bezug auf die Zuverlässigkeit der Systeme stellt sich allerdings noch eine weitergehende Frage: Wie ist die Autonomie der Patienten zu schützen, wenn sie mittels Brain-Computer-Interface-gesteuertem Buchstabierungsprogramms den Wunsch zu sterben äußern würden?

27 Tamburrini, G., Brain to Computer Communication: Ethical Perspectives on Interaction Models. – In: *Neuroethics*. 2(2009)3, S. 137 – 149.

28 Birbaumer, N., Nur das Denken bleibt: Neuroethik des Eingeschlossen-Seins. – In: *Neurowissenschaften und Menschenbild*. Hrsg. v. E.-M. Engels u. E. Hildt. Paderborn: Mentis 2005. S. 77 – 94.

Autoren

Dr. Michael Böcher, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Abteilung Forst- und Naturschutzpolitik und Forstgeschichte der Georg-August Universität Göttingen, Büsgenweg 3, D - 37077 Göttingen

Dr. Jens Clausen, Institut für Ethik und Geschichte der Medizin der Eberhard Karls Universität Tübingen, Gartenstraße 4, D - 72074 Tübingen.

Prof. Dr. Klaus Fischer, Fachbereich für Philosophie und Wissenschaftstheorie der Universität Trier, D - 54286 Trier.

Prof. Dr. Klaus Fuchs-Kittowski, Wiebelskircher Weg 12, D - 12589 Berlin-Wilhelmshagen.

Dr. Erhard Gey, Zinsgutstraße 9, D - 12489 Berlin-Adlershof.

Dr. Horst Kant, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte Berlin, Boltzmannstraße 22, D - 14195 Berlin-Dahlem.

Prof. Dr. Max Krott, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Abteilung Forst- und Naturschutzpolitik und Forstgeschichte der Georg-August Universität Göttingen, Büsgenweg 3, D - 37077 Göttingen.

Prof. Dr. Hubert Laitko, Florastraße 39, D - 13187 Berlin-Pankow.

Prof. Dr. Harald A. Mieg, Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin, Sitz: Rudower Chaussee 16, D - 12489 Berlin-Adlershof; Post: Unter den Linden 6, D - 10099 Berlin-Mitte.

PD Dr. Heinrich Parthey, Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, Sitz: Dorotheenstraße 26, D - 10117 Berlin-Mitte, Post: Unter den Linden 6, D - 10099 Berlin-Mitte.

Prof. Dr. Volker Wohlgenuth, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Wilhelminenhofstraße 75A, D - 12459 Berlin-Oberschöneweide.

Bibliographie Klaus Fischer.

Zusammengestellt anlässlich seines 60. Geburtstages

I. Monographische und herausgegebene Schriften

Kritik der marxistischen Wissenschaftstheorie: sozioökonomische Determinierung der Wissenschaft oder Logik der Ideenentwicklung? Frühgeschichte, Alter Orient, Antike. 1. Auflage. Greven : Fischer K. G. Verlag für wissenschaftliche Philosophie, 1979. – 355 Seiten. 2., verbesserte Auflage. Greven : Fischer K. G. Verlag für wissenschaftliche Philosophie 1979. – 355 Seiten (Studien zur empirischen und systematischen Wissenschaftsforschung ; Band 1). Zugleich: Universität Mannheim, Fakultät für Sozialwissenschaften, Dissertation (Promotionschrift zum Dr. phil. 1977).

Konventionalismus oder Realismus? Vom Logischen Positivismus zum Methodologischen Anarchismus. Greven: Fischer K. G. Verlag für wissenschaftliche Philosophie 1980. 175 Seiten.

Galileo Galilei. München: C. H. Beck 1983. 238 Seiten.

Galileo Galilei. (Biblioteca de Filosofia Bd. 20). Barcelona: Editorial Herder 1986. 182 Seiten.

Kognitive Grundlagen der Soziologie. Berlin : Duncker u. Humblot, 1987. – 338 Seiten (Soziologische Schriften ; Bd. 48). Zugleich Teildruck von: Habilitations - Schrift: HOMO SYMBOLICUS. Die mentale Repräsentation der sozialen Beziehungen, 586 Seiten) Technische Universität Berlin 1987.

(mit Herbert A. Strauss, Alfons Söllner & Christhard Hoffmann (Hrsg.)): Die Emigration der Wissenschaften nach 1933 – Disziplingeschichtliche Studien. München/London/New York/Paris: K. G. Saur 1991. 282 Seiten.

Changing Landscapes of Nuclear Physics. A scientometric study. Berlin/Heidelberg/New York etc.: Springer Verlag 1993. 256 Seiten.

Einstein. Freiburg: Herder Spektrum 1999. 206 Seiten.

(mit Hamid Reza Yousefi (Hrsg.)): Gustav Mensching, Der Irrtum in der Religion. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2003. 231 Seiten.

- (mit Heinrich Parthey (Hrsg.)): Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. 248 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi (Hrsg.)): Interkulturelle Orientierung. Grundlegung des Toleranz-Dialogs, 2 Bände (Teil I: Methoden und Konzeptionen, Teil II: Angewandte Interkulturalität). Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2004. 663 und 669 Seiten.
- (mit Heinrich Parthey (Hrsg.)): Gesellschaftliche Integrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. 242 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi & Ina Braun (Hrsg.)): Wege zur Philosophie. Grundlagen der Interkulturalität. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2006, 414 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi & Ina Braun (Hrsg.)): Wege zur Kommunikation. Theorie und Praxis interkultureller Toleranz. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2006, 290 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi, Ina Braun & Wolfgang Gantke (Hrsg.)): Wege zur Religionswissenschaft. Eine interkulturelle Orientierung. Nordhausen: Bautz Verlag 2007. 341 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi, Rudolf Lütke & Peter Gerdson (Hrsg.)): Wege zur Wissenschaft. Nordhausen: Bautz Verlag 2007. 403 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi, Regine Kather & Peter Gerdson (Hrsg.)): Wege zur Kultur. Gemeinsamkeiten – Differenzen – Interdisziplinäre Dimensionen. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2008. 363 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi, Ina Braun & Peter Gerdson (Hrsg.)): Wege zu Menschenrechten. Geschichte und Gehalte eines umstrittenen Begriffs. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2008. 463 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi, Hermann-Josef Scheidgen & Heinz Kimmerle (Hrsg.)): Wege zur Geschichte. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010. 271 Seiten.
- (mit Hamid Reza Yousefi & Walter Reese-Schäfer (Hrsg.)): Wege zur Globalisierung. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010. 345 Seiten.

(mit Hamid Reza Yousefi (Hrsg.)): Interkulturalität. Diskussionsfelder eines umfassenderen Begriffs. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010. 313 Seiten.

(mit Hamid Reza Yousefi, Hans Waldenfels & Wolfgang Gantke (Hrsg.)): Wege zur Religion. Aspekte – Grundprobleme – Ergänzende Perspektiven. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010. 369 Seiten.

II. Artikel aus periodischen und anderen fortlaufend erscheinenden Publikationen

Ist die Vernunft am Ende? Kritische Bemerkungen zu Feyerabends Analyse innovativer Prozesse in der Wissenschaft. – In: Zeitschrift für Philosophische Forschung . 32(1978), S. 387 – 397.

Das Erklärungspotential der Wissenschaftssoziologie. – In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. 34(1982), S. 54 – 68.

Auf dem Weg zu einer exakten Soziologie des Wissens? Essay über: Mary Douglas' "Ritual, Tabu und Körpersymbolik". – In: Soziologische Revue. 5(1982), S. 261 – 270.

Rationale Heuristik. Die Funktion der Kritik im "Context of Discovery". – In: Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie. 14(1983), S. 234 – 272.

Wissenschaftliche Vernunft im sozialen und politischen Kontext der Gegenwart. – In: Aus Politik und Zeitgeschichte (Beilage zu DAS PARLAMENT), B 49/87, 5. Dez. 1987, S. 17 –28.

(mit Herbert A. Strauss, Alfons Söllner & Peter Kröner): Wissenschaftstransfer durch Emigration nach 1933. – In: Forschung Aktuell, Heft 16-17, November 1987, S. 37ff. (auch in: Historical Social Research 1988 abgedruckt).

Prometheus im Talar? Über die Wissenschaftsgesellschaft und die angebliche Substituierbarkeit von Wissenschaft durch Forschung & Technologie. – In: Soziologische Revue. 11(1988)2, S. 147 – 158.

Der quantitative Beitrag der nach 1933 emigrierten Naturwissenschaftler zur deutschsprachigen physikalischen Forschung. – In: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte. 11(1988), S. 83 – 104.

The operationalization of emigration loss 1933-1945. A methodological study on the measurement of a qualitative phenomenon. – In: Historical Social Research. (1988)4, S. 99 - 121.

- The functional architecture of adaptive cognitive systems with limited capacity. – In: *Semiotica. Journal of the International Association of Semiotic Studies*. 68(1988)3/4, S. 191 – 243 (von der "Jury for the Mouton d'Or prizewinning article in *Semiotica* for the 1988 calendar year" als bester Artikel des Jahres dieser 10 Hefte (à 200 Seiten) pro Jahrgang umfassenden Zeitschrift gewählt).
- Die kognitive Konstitution sozialer Strukturen. – In: *Zeitschrift für Soziologie* (). 18 (1989), S. 16 – 34.
- Die Emigration der Wissenschaften nach 1933: Möglichkeiten und Grenzen einer Bilanzierung. – In: *Vierteljahrshefte für Zeitgeschichte* 1991, S. 535 – 549.
- Die Risiken des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts. – In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (Beilage zu Das Parlament)*, B15/92, 3. April 1992, S. 26 – 38.
- Die Wissenschaftstheorie Galileis – oder: Contra Feyerabend. – In: *Journal for General Philosophy of Science*. 23(1992), S. 165 – 197.
- The social and cognitive dynamics of paradigmatic change. – In: *Science in Context*. 5(1992), S. 51 – 96.
- Braucht die Wissenschaft eine Theorie? – In: *Journal for General Philosophy of Science*. 26(1995), S. 227 – 257.
- Wird die deutsche Universität schlechtgeredet?. – In: *Universitas*. (1997)9, S. 817 – 830.
- Die politische Konstruktion der Universitätskrise. – In: *Unijournal. Zeitschrift der Universität Trier*. 23(1997)2, S. 3 – 4.
- Die politische Konstruktion der Universitätskrise. – In: *Merkur*. Heft 11, 1997, S. 1003 – 1011.
- Wird die deutsche Universität schlechtgeredet? – In: *Almanach*. Band X. Deutscher Hochschulverband. Bonn 1997, S. 27 – 37.
- Leistung, nicht Konsens messen! Evaluation und Finanzierung aus der Sicht eines Wissenschaftshistorikers". – In: *Forschung & Lehre*. 8(1998), S. 399 – 402.
- Evaluation der Evaluation. Anforderungen an leistungsbezogene Mittelvergabe – was sagt die Wissenschaftsgeschichte? – Taugt das Peer-Review-System? Teil I. – In: *Wissenschaftsmanagement*. 4(1998)5, S. 16 – 21.

- Evaluation der Evaluation. Anforderungen an leistungsbezogene Mittelvergabe – was sagt die Wissenschaftsgeschichte? – Taugt das Peer-Review-System? Teil II. – In: Wissenschaftsmanagement. 4(1998)6, S. 17 – 23.
- Leistung, nicht Konsens messen! Evaluation und Finanzierung aus der Sicht eines Wissenschaftshistorikers. – In: Forschung & Lehre. 8(1998), S. 399 – 402.
- Drei Grundirrtümer der Maschinentheorie des Bewußtseins. – In: Philosophia Naturalis 36 (1999), S. 53 – 90.
- Zur Emeritierung von Norbert Hinske: Einige Aspekte seines Denkens und seiner Arbeit in Trier. – In: Unijournal. Zeitschrift der Universität Trier. 25(1999)2, S. 61 - 62.
- Kann man Forschungs- und Lehrqualität messen?. - In: UNIVERSITAS 55 (2000), S. 1033 - 1036.
- Die verborgenen Quellen des Neuen. – In: Forschung und Lehre. (2000)1, S. 14 - 18.
- Die Universität zwischen Kreativität und Steuerung. Thesen aus wissenschaftshistorischer Perspektive. – In: Forschung und Lehre. 5 (2001), S. 240-245.
- Was heißt Konkurrenz in der Wissenschaft? – In: VSH (Vereinigung Schweizerischer Hochschuldozenten) Bulletin. 28 (2002/1), S. 8 – 15.
- Betrug in der Wissenschaft – Betrug an der Wissenschaft. – In: Erwägen – Wissen – Ethik. 15 (2004)4, S. 72 – 75.
- Profit und Wahrheit. – In: Forschung und Lehre. 7(2004), S. 364 – 367
- Die Ökonomisierung der Forschung – oder: Was kostet die Unwahrheit? – In: Zentralblatt für Gynäkologie. 127(2005), S. 107 – 113.
- Buntbemalte Windeier. Gelten „Parkinsons Gesetze“ auch für die Universität? – In: Forschung und Lehre. 5(2005), S. 253.
- Außenseiter der Wissenschaft. – In: Forschung und Lehre, 13 (2006/10), S. 560 – 563.
- Fehlfunktionen der Wissenschaft. – In: Erwägen – Wissen – Ethik. 18(2007)1, S. 3 – 16.
- Kein Blick von nirgendwo – Über Wissenschaft, subsystemische Codes und pathologische Interpenetration. – In: Erwägen – Wissen – Ethik. 18(2007)1, S. 65 – 76.

- Selbstbeschreibung und Fremdbeschreibung: Das Realexperiment als wissenschaftliche Metapher. – In: *Erwägen – Wissen – Ethik*. 18(2007), S. 366 – 368.
- Science and Its Malfunctions. – In: *Human Architecture*. 6(2008)2, S. 1 – 22.
- Wer bestimmt das Nichtwissen? – In: *Erwägen – Wissen – Ethik*. 20 (2009) 1. S. 119 – 122.
- (mit Razvan T. Radulescu, Eduard Stange und Johannes Schulze): Promoting Scientific Standards in Germany. – In: *Science*, Vol. 328 (16. April 2010), S. 307.

III. Beiträge zu wissenschaftlichenn Sammelbänden und Lexika

- Ein neues System der Rezensentenauswahl – Überblick über Formalisierung, Klassifikation und Vergleich qualitativer Daten. – In: *Soziologische Analysen. Referate des 19. Deutschen Soziologentages*. Berlin: TUB-Dokumentation 1979. S. 1016 – 1026.
- Vom Wissenschaftstransfer zur Kontextanalyse – oder: Wie schreibt man die Geschichte der Wissenschaftsemigration. – In: *Antisemitismus und jüdische Geschichte*. Hrsg. v. Rainer Erb u. Michael Schmidt. Berlin: Wissenschaftlicher Autorenverlag 1987. S. 267 – 293.
- Die Emigration deutschsprachiger Kernphysiker nach 1933 – Eine kollektivbiographische Analyse ihrer Wirkung auf der Basis szientometrischer Daten. – In: *Exilforschung. Ein internationales Jahrbuch* Bd. 6: Vertreibung der Wissenschaften. München 1988. S. 44 – 72.
- Funktionale Architektur und mentale Repräsentation. Einige funktionsgesteuerte Regelmäßigkeiten in kognitiven Prozessen. – In: *Aspekte des Leib-Seele-Problems: Philosophie, Medizin, Künstliche Intelligenz*. Hrsg. v. Karl-Ernst Bühler. Würzburg: Königshausen und Neumann 1990. S. 223 – 259.
- Wissenschaftsemigration und Molekulargenetik: Soziale und kognitive Interferenzen im Entstehungsprozeß einer neuen Disziplin. – In: *Die Emigration der Wissenschaften nach 1933 - Disziplingeschichtliche Studien*. Hrsg. v. Herbert A. Strauss, Alfons Söllner, Klaus Fischer und Christhard Hoffmann. München: K. G. Saur 1991. S. 105 – 136.
- Die Emigration deutschsprachiger Physiker nach 1933: Strukturen und Wirkungen. – In: *Die Emigration der Wissenschaften nach 1933 – Disziplinge-*

- schichtliche Studien. Hrsg. v. Herbert A. Strauss, Alfons Söllner, Klaus Fischer und Christhard Hoffmann. München: K. G. Saur 1991. S. 25 – 72.
- Galileis erster Prozeß. – In: Natur. Hrsg. v. Rolf Peter Sieferle. München: Beck 1991, S. 106 – 113.
- Das Naturverständnis bei Galilei. – In: Naturauffassungen in Philosophie, Wissenschaft, Technik, Bd. II. Renaissance und frühe Neuzeit. Hrsg. v. Lothar Schäfer und Elisabeth Ströker. Freiburg / München: Verlag Karl Alber 1994. S. 149 – 183
- Die Wiederkehr des fin-de-siècle. – In: Soziale Welt und soziologische Praxis. Hrsg. v. Dieter Bögenhold, Dieter Hoffmeister, Christiane Jasper, Elke Kemper und Günter Solf. Göttingen: Otto Schwartz 1995. S. 239 – 59.
- Emigration und Wissenschaftswandel. Die Emigration jüdischer Naturwissenschaftler nach 1933 und ihre Folgen. – In: Einsichten, Ansichten und Übersichten. Ein soziologisches Kaleidoskop. Festschrift für Rainer Mackensen. Hrsg. v. Sibylle Meyer und Eva Schulze. Berlin 1995. S. 63 – 86.
- Emigration und Wissenschaftswandel zwischen 1933 und 1945. – In: Forschung und Technik in Deutschland nach 1945. Hrsg. v. Peter Frieß und Peter M. Steiner. Bonn: Deutsches Museum Bonn, Deutscher Kunstverlag 1995. S. 36 – 48.
- Identification of emigration-induced scientific change. – In: Forced Migration and Scientific Change: German-Speaking Émigré Scientists and Scholars after 1933. Ed. by Mitchell G. Ash. Cambridge: Cambridge University Press 1995, S. 23 – 47.
- Jüdische Wissenschaftler in Weimar: Marginalität, Identität und Innovation. – In: Jüdisches Leben in der Weimarer Republik/Jews in the Weimar Republic, Schriftenreihe wissenschaftlicher Abhandlungen des Leo Baeck Instituts, Band 57. Hrsg. v. Wolfgang Benz, Arnold Paucker und Peter Pulzer. Tübingen: Mohr Siebeck Verlag 1998. S. 89 – 116.
- Kulturelle, methodische und kognitive Aspekte der Risikowahrnehmung im Verhältnis Mensch-Wissenschaft-Umwelt. – In: Biochemie/Biotechnologie im Dienste der Umweltforschung, Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Hrsg. v. Matthias Schaefer und Carlo Servatius. Mainz/Stuttgart.: Gustav Fischer Verlag 1998. S. 147 – 164.

- Die Emigration von Physikern nach 1933. – In: Handbuch der deutschsprachigen Emigration 1933-1945. Hrsg. v. Claus-Dieter Krohn, Patrick von zur Mühlen, Gerhard Paul und Lutz Winkler. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1998, Sp. 824 – 836.
- Repression und Privilegierung. Wissenschaftspolitik in der Sowjetunion und im Dritten Reich. – In: Im Dschungel der Macht. Intellektuelle Professionen unter Stalin und Hitler. Hrsg. v. Dietrich Beyrau. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2000. S. 170 – 194.
- Scientometrische Verfahren als Instrumente der Wissenschaftsforschung. – In: Soziologische und historische Analysen der Sozialwissenschaften (Österreichische Zeitschrift für Soziologie, Sonderband 5). Hrsg. v. Christian Fleck. Opladen/Wiesbaden: Westdeutscher Verlag 2000. S. 213 – 244.
- Repression und Privilegierung. Wissenschaftspolitik im Dritten Reich. – In: Im Dschungel der Macht. Intellektuelle Professionen unter Stalin und Hitler. Hrsg. v. Dietrich Beyrau. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2000. S. 170 – 194.
- Was heißt Freiheit der Wissenschaft heute? – In: Die gute Universität. Beiträge zu Grundfragen der Hochschulreform. Hrsg. v. Anselm W. Müller und Rainer Hettich. BadenBaden: Nomos 2000. S. 83 – 106.
- Auf der Suche nach den inneren Kräften der Natur: Issac Newton und das verlorene Wissen der Alten. – In: Denkwelten um 1700. Hrsg. v. Richard van Dülmen und Sina Rauschenbach. Köln & Weimar: Böhlau 2002. S. 41 – 62.
- Ist Evaluation unvermeidlich innovationshemmend? Eine Reinterpretation der Kuhnschen Sicht der Wissenschaftsdynamik. – In: Drehscheibe E-Mittleuropa. Information: Produzenten, Vermittler, Nutzer. Tagungsberichte vom 9. Österreichischen Online-Informationstreffen und 10. Österreichischen Dokumentartag. Biblos-Schriften Band 173. Hrsg. v. Eveline Pipp. Wien: Phoibos 2002. S. 109 – 128.
- Quantitative Emigrationsforschung am Beispiel Physik. – In: Judenfeindschaft als Paradigma. Studien zur Vorurteilsforschung. Hrsg. v. Wolfgang Benz und Angelika Königseder. Berlin: Metropol Verlag 2002. S. 208 – 215.
- (mit Hamid Reza Yousefi & Ina Braun): Vorwort. – In: Gustav Mensching. Leben und Werk. Ein Forschungsbericht zur Toleranzkonzeption (Bausteine zur Mensching-Forschung Bd. 1). Würzburg: Königshausen & Neumann 2002. S. 13 – 16.

- Nietzsche und die moderne Wissenschaftstheorie. – In: Vladimir Solov'ev und Friedrich Nietzsche: eine deutsch-russische kulturelle Jahrhundertbilanz. Hrsg. v. Urs Heftrich und Gerhard Ressel. Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag 2003. S. 27– 56.
- Die Funktion der Toleranz in der Ökologie des Wissens. – In: Die Idee der Toleranz in der interkulturellen Philosophie (Bausteine zur Menschling-Forschung Neue Folge, Band 3). Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi und Klaus Fischer. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2003. S. 51 – 83.
- Subjektivität und Innovation. – In: Lecture Series 03. Kreativität und Kontrolle. Hrsg. vom „Team der Universität der Künste“. Universität der Künste: Berlin 2003. S. 135 – 141.
- Aristoteles' Schrift Über die Seele und die moderne Neurophilosophie. – In: Antike Naturwissenschaft und ihre Rezeption, Band XIII. Hrsg. v. Jochen Althoff, Bernhard Herzhoff und Georg Wöhrle. Trier: WTV - Wissenschaftlicher Verlag Trier 2003. S. 77 – 108.
- Drei Grundirrtümer der Maschinentheorie des Bewusstseins. – In: Ist der Geist berechenbar? Hrsg. v. Wolfgang R. Köhler und Hans-Dieter Muschler. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2003. S. 33 – 57.
- Was ist Bildung? – In: Jahrbuch Kreis Trier-Saarburg 2003. Hrsg. v. der Kreisverwaltung Trier Saarburg. S. 9 – 16.
- (mit Hamid Reza Yousefi): Einleitung der Herausgeber. – In: Die Idee der Toleranz in der interkulturellen Philosophie (Bausteine zur Menschling-Forschung Neue Folge, Band 3). Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi und Klaus Fischer. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2003. S. 9 – 17.
- (mit Hamid Reza Yousefi): Einleitung der Herausgeber. – In: Gustav Mensching, Der Irrtum in der Religion. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi und Klaus Fischer. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2003. S. 9 – 39.
- Diskussionsbeiträge. – In: Pendando La Naturaleza Desde Las Universidades Europeas. Hrsg. v. Jose Luis González Recio. PIMCD 2004/164. Universidad Complutense de Madrid 2004, S. 22 – 23; S. 31 – 32; S. 41; S. 59; S. 75; S. 82 – 83; S. 91; S. 99.
- Soziale und kognitive Aspekte des Peer Review-Verfahrens. – In: Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003. Hrsg. v.

- Klaus Fischer und Heinrich Parthey. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. S. 23 – 62.
- Spielräume wissenschaftlichen Handelns. Die Grauzone der Wissenschaftspraxis. – In: Freiheit und Verantwortung in Forschung, Lehre und Studium. Die ethische Dimension der Wissenschaft. Berlin: Bund Freiheit der Wissenschaft (34. Bildungspolitisches Forum) 2004, S. 41 – 110.
- Interkulturelle Kommunikation – Bedingungen, Probleme, Störungen. – In: Interkulturelle Orientierung, Teil I: Methoden und Konzeptionen. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi und Klaus Fischer. Nordhausen: Bautz 2004. S. 421 – 459.
- Die neue Ordnung des Wissens: Experiment – Erfahrung – Beweis – Theorie. – In: Macht des Wissens. Entstehung der modernen Wissensgesellschaft 1500–1820. Hrsg. v. Richard van Dülmen und Sina Rauschenbach. Weimar: Böhlau Verlag 2004. S. 155 – 185.
- Die Emigration der Physiker nach 1933: Zeitgeschichtliche Folgen, disziplinäre Wirkungen und persönliche Schicksale. – In: Exodus der Wissenschaften und der Literatur. Hrsg. v. Dirk Reitz. (TUD-Schriftenreihe Wissenschaft und Technik, Band 88). Darmstadt 2004. S. 85 – 110.
- Deformationen von Wissenschaft im universitären System. – In: Universität und wissenschaftliches Wissen. Interdisziplinäre Zugänge im Prozeß veränderter Funktionszuweisungen. Hrsg. v. Eva Eirnbter-Stolbrink und Claudia König-Fuchs. Nordhausen: Bautz 2005. S. 99 – 137.
- Code, System und Konflikt. Probleme intersystemischer Kommunikation. – In: Medien und Kultur. Mediale Weltauffassungen. Hrsg. v. Ralf Becker und Ernst Wolfgang Orth. Würzburg: Königshausen & Neumann 2005. S. 83 – 118.
- Bilder des Kosmos aus wissenschaftshistorischer Sicht. – In: Perspektiven fortschrittlicher und kritischer Wissenschaft. Dokumentation 2. Offene Universität, 3. Oktober – 8. Oktober 2005. Hrsg. von Christoph Klug, Knut Krusewitz und Josef Lutz. Gelsenkirchen. S. 54 – 58.
- Visuelles Denken. Rudolf Arnheim und die moderne Erkenntnistheorie. – In: „Wer ist weise? Der gute Lehr von jedem annimmt“. Festschrift für Michael Albrecht zu seinem 65. Geburtstag. Hrsg. von Heinrich P. Delfosse und Hamid Reza Yousefi. Nordhausen: Bautz 2005. S. 47 – 67.

- Klinische medizinische Forschung zwischen Lifestyle, Recht und Kommerz. – In: Cardiac Research. Institut für Herz-Kreislaufforschung an der Universität Witten-Herdecke. Entwicklungsbericht 2000 – 2005. Hrsg. v. Thomas Schefold. Dortmund 2005. S. 6 – 7.
- Wahrheit, Konsens und Macht. Systemische Codes und das prekäre Verhältnis zwischen Wissenschaft und Politik in der Demokratie. – In: Gesellschaftliche Integrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005. Hrsg. v. Klaus Fischer und Heinrich Parthey. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. S. 9 – 58.
- „Oriental Connection“ – Frühgriechische Wissenschaft und orientalische Tradition. – In: Wege zur Philosophie. Grundlagen der Interkulturalität. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi, Klaus Fischer und Ina Braun. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2006. S. 109 – 146.
- Kommunikation, Sozialstruktur und Weltbild. – In: Wege zur Kommunikation. Theorie und Praxis interkultureller Toleranz. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi, Klaus Fischer und Ina Braun. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2006, S. 89 – 120.
- Was ist Kultur und wem gehört sie? – In: Jahrbuch 2007. Kreis Trier-Saarburg, Trier 2006, S. 62 – 75.
- Diskussionsbeiträge. – In: La Ciencia en su Historia. Cuestiones Cardinales. Hrsg. v. Jose Luis González Recio. Universidad Complutense de Madrid 2006, S. 70 – 71; S. 92 – 93; S. 114 – 115; S. 133 – 134; S. 151; S. 172; S. 195; S. 216; S. 235 – 236 ; S. 255.
- Was ist Kultur und wem gehört sie? – In: Orthaftige Ortlosigkeit der Philosophie. Festschrift für Ram Adhar Mall zum 70. Geburtstag. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi, Ina Braun und Hermann-Josef Scheidgen. Nordhausen: Bautz Verlag 2007. S. 253 – 268.
- Technische Wissenschaften – der Weg zu einem besseren Leben? – In: Vom Nutzen der Wissenschaften (Wissenschaft – Bildung – Politik, Band 10. Hrsg. v. d. Österreichischen Forschungsgemeinschaft). Hrsg. v. Walter Berka und Heinrich Schmidinger. Wien-Köln-Weimar: Böhlau-Verlag 2007. S. 47 – 74.
- Innovation als chaotischer Prozess. – In: Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion: Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2006. Hrsg. v. Heinrich Parthey und Günter Spur. Frankfurt am Main: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007. S. 177 – 197.

- Wissenschaft und Subjekt. Nicht-algorithmisierbare Faktoren des Forscherhandelns. – In: *Wege zur Wissenschaft*. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi, Klaus Fischer, Rudolf Lütke und Peter Gerdson. Nordhausen: Bautz Verlag 2008. S. 187 – 222.
- Interpretative Offenheit als Grundlage des Kulturbegriffs. – In: *Wege zur Kultur. Gemeinsamkeiten – Differenzen – Interdisziplinäre Dimensionen*. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi, Klaus Fischer, Regine Kather und Peter Gerdson. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2008. S. 53 – 66.
- Ein Kuhnsches Modell wissenschaftlicher Selbstorganisation: kognitive Grundlagen paradigmatischer Zyklen. – In: *Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008*. Hrsg. v. Werner Ebeling und Heinrich Parthey. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 29 – 53.
- Die Entstehung der Wissenschaft – eine interkulturelle Perspektive. – In: *Interkulturalität. Diskussionsfelder eines umfassenderen Begriffs*. Hrsg. von Hamid Reza Yousefi und Klaus Fischer. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010. S. 125 – 141.
- Wissen und Glauben. Bemerkungen zu einer missverstandenen Dichtotomie. – In: *Wege zur Religion. Aspekte – Grundprobleme – Ergänzende Perspektiven*. Hrsg. zusammen mit Hamid Reza Yousefi, Hans Waldenfels und Wolfgang Gantke. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010. S. 39 – 54.
- (mit Hamid Reza Yousefi & Walter Reese-Schäfer): Einleitung der Herausgeber. – In: *Wege zur Globalisierung*. Hrsg. von Hamid Reza Yousefi, Klaus Fischer und Walter Reese-Schäfer. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010. S. 7 – 24.
- (mit Hamid Reza Yousefi, Hermann-Josef Scheidgen & Heinz Kimmerle): Einleitung der Herausgeber. – In: *Wege zur Geschichte*. Hrsg. von Hamid Reza Yousefi, Hermann-Josef Scheidgen, Klaus Fischer und Heinz Kimmerle. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010. S. 9 – 20.

IV. Rezensionen und Bericht

- Michael Wolff, *Geschichte der Impetustheorie. Untersuchungen zum Ursprung der klassischen Mechanik*. – In: *Soziologische Revue*. 2(1979), S. 413 – 415.
- Wolfgang Detel, *Scientia rerum natura occultarum. Methodologische Studien*

-
- zur Physik Pierre Gassendis. – In: Zeitschrift für Philosophische Forschung. 33(1979), S. 644 – 647.
- Rudolf Hamann, Revolution und Evolution. Zur Bedeutung einer historisch akzentuierten Soziologie. – In: Soziologische Revue. 6(1983), S. 275 – 277.
- Ilja Srubar (Hrsg.), Exil, Wissenschaft, Identität. Die Emigration deutscher Sozialwissenschaftler 1933-1945. – In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie (1989), S. 575 - 579.
- Lothar Hack, Vor Vollendung der Tatsachen. – In: Soziologische Revue. 12(1989), S. 290 – 292.
- Peter Sloterdijk, Sphären I: Blasen. – In: Forschung und Lehre. (1998)10, S. 527 – 528.
- Matthias Wingers, Wissensgesellschaft und Industrialisierung der Wissenschaft. – In: Soziologische Revue. 22(1999), S. 349 – 352.
- Vittorio Hösle, Die Philosophie und die Wissenschaften. – In: Forschung und Lehre. (1999)10, S. 532 – 533.
- Kurt H. Wolff, Soziologie in der gefährdeten Welt. – In: Soziologische Revue 23 (2000), S. 63 – 65.
- Cornelia Koppetsch, Wissenschaft an Hochschulen. Ein deutsch-französischer Vergleich. – In: Soziologische Revue 24 (2001), S. 366 – 369.
- Jürgen Renn und andere (Hrsg.), Übersetzung als Medium des Kulturverstehens und sozialer Integration. – In: Soziologische Revue 27 (2004), S. 94 – 97.
- Andre Kieserling, Selbstbeschreibung und Fremdbeschreibung. Beiträge zur Soziologie soziologischen Wissens. – In: Soziologische Revue 29 (2006), S. 196 – 200.

Bibliographie Frank Havemann.

Zusammengestellt anlässlich seines 60. Geburtstages

I. Monographische und herausgegebene Schriften

Massensingularitäten und asymptotische Zustände in Eichfeldtheorien. Dissertation A (Promotionsschrift zum Dr. rer. nat.) 1986. – 71 Blätter; Berlin: Humboldt-Universität 1986.

(mit Hildrun Kretschmer (Ed.)): Proceedings of the First Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics, Collaboration in Science, 16 - 19 August 1998. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. 169 Seiten.

(mit Roland Wagner-Döbler & Hildrun Kretschmer (Ed.)): Proceedings of the Second Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics, Collaboration in Science and in Technology, September 1 – 3, 2000 at Free University Berlin. Berlin : Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. 234 Seiten.

(mit Heinrich Parthey & Walther Umstätter (Hrsg.)): Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. 296 Seiten.

(mit Hildrun Kretschmer (Ed.)): Proceedings of WIS 2008: Fourth International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics Ninth COLLENET Meeting. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008. (Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek). 704 Seiten.

Einführung in die Bibliometrie. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2009. (Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek). 66 Seiten.

II. Artikel aus periodischen und anderen fortlaufend erscheinenden Publikationen

(mit Hans-Jürgen Czerwon): Deutsche Physikalische Zeitschriften im Science Citation Index. – In: Physikalische Blätter. 47(1991), S. 645 – 647.

- (mit Hans-Jürgen Czerwon): Influence of publication languages on the citation rate of scientific articles: a case study of East German journals. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 26(1993)1, S. 51 – 63.
- Changing publication behaviour of East European scientists and the impact of their papers. A bibliometric analysis based on the Science Scitation Index. – In: *Science and the Science of Science* (Kiew). 4(1995) S. 41 – 46 (Proceedings of the European conference on Social Science Information Needs and Provision in a Changing Europe, Berlin 1994).
- Changing publication behaviour of East and Central European scientists and the impact of their papers. – In: *Information Processing & Management* (Oxford). 32(1996)4, S. 489 – 496.
- Collaboration Behaviour of Berlin Life Science Researchers in the Last Two Decades of the Twentieth Century as Reflected in the Science Citation Index. – In: *Scientometrics*. 52(2001)3, S. 435 – 443.
- Bibliometric indicators and their use for research evaluation – an analysis of highly productive biomedical teams. – In: *Bibliometric Analysis in Science and Research: Applications, Benefits and Limitations*. Conference Proceedings, Jülich, November 2003. (Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Bibliothek, Band 11), S. 63 – 73.
- (mit Michael Heinz & Roland Wagner-Döbler): Growth dynamics of German university enrolments and of scientific disciplines in the 19th century: scaling behaviour under weak competitive pressure. – In: *Proceedings of the 9th International Conference on Scientometrics and Informetrics, Beijing 2003*. Ed. by Jiang Gouha, Ronald Rousseau and Wu Yishan. Beijing: Dalian Univ. of Technol. Press 2003. S. 91 – 98. (slightly revised version published in the special ISSI issue of *Scientometrics*. 60(2003)3, S. 283 – 294).
- (mit Michael Heinz & Roland Wagner-Döbler): Firm-like Behaviour of Journals? Scaling Properties of Their Output and Impact Growth Dynamics. – In: *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 56(2005)1, S. 3 – 12.
- (mit Liming Liang, Michael Heinz & Roland Wagner-Döbler): Structural similarities between science growth dynamics in China and in western countries. – In: *Scientometrics*. 66(2006), S. 311 – 325.

(mit Michael Heinz & Hildrun Kretschmer): Collaboration and distance between German immunological institutes – a trend analysis. – In: *Journal of Biomedical Discovery and Collaboration*. 1(2006)6. 7 Seiten.

Ein Zitationsindex elektronischer Dokumente in institutionellen Repositorien. – In: *cms-journal* (Berlin). 32(2009) Juni, S. 74 – 76.

III. Beiträge zu wissenschaftlichen Sammelbänden

Eine regionale Forschungslandschaft im Spiegel von Publikationszahlen: Physik in Berlin-Brandenburg. – In: *Deutscher Dokumentartag 1992*. Berlin 22. – 25. September 1992. Proceedings. Hrsg. v. Wolfgang Neubauer und K.-H. Meier. Frankfurt am Main: Deutsche Gesellschaft für Dokumentation 1993. S. 549 – 559.

Physikalische Forschung in der Region Berlin-Brandenburg. Eine Forschungslandschaft im Spiegel von Publikationszahlen. – In: *Wissenschaftsforschung. Jahrbuch 1994/95*. Hrsg. v. Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Jutta Petersdorf. Marburg: BdWi-Verlag 1996. S. 67 – 98.

Lokale, nationale und internationale Kooperationsbeziehungen Berliner Biowissenschaftler in den 80er Jahren und in der ersten Hälfte der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts. – In: *Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998*. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000, 2. Auflage 2010 (Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek). S. 317 – 333.

Bibliometrische Analyse biotechnologischer Forschung in der Region Berlin-Brandenburg 1980 bis 1998. – In: *Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1999*. Hrsg. v. Siegfried Greif und Manfred Wölfing. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003 2. Auflage 2010 (Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek). S. 193 – 209.

Bibliometrische Analyse von Kooperation und Produktivität biomedizinischer Forscher im Jahrfünft 1980 – 84 und vierzehn Jahre später. – In: *Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000*. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter und Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001, 2. Auflage 2010 (Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek). S. 121 – 131.

- Collaboration Behaviour of Berlin Life Science Researchers in the Last Two Decades of the Twentieth Century as Reflected in the Science Citation Index. – In: Proceedings of the Second Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics, Collaboration in Science and in Technology, September 1 – 3, 2000 at Free University Berlin, Edited by Frank Havemann, Roland Wagner-Döbler and Hildrun Kretschmer. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. S. 97 – 105.
- Bibliometrischer Vergleich hochproduktiver universitärer und außeruniversitärer Forschergruppen in der Biomedizin. – In: Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003. Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. S. 191 – 203.
- (mit Andrea Kaufmann): Der Wandel des Benutzerverhaltens in Zeiten des Internet – Ergebnisse von Befragungen an 13 Bibliotheken. – In: Vom Wandel der Wissenschaftsorganisation im Informationszeitalter. Festschrift für Walther Umstätter zum 65. Geburtstag. Hrsg. v. Petra Hauke u. Konrad Umlauf. Bad Honnef: BOCK + HERCHEN Verlag 2006. S. 65 – 89.
- (mit Marion Schmidt, Jochen Gläser & Michael Heinz): A Methodological Study for Measuring the Diversity of Science. – In: International Workshop on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Seventh COLLNET Meeting, Nancy 10-12 May 2006. Nancy: SRDI 2006. S. 129 – 137.
- (mit Bettina Behrendt): Beschleunigung der Wissenschaftskommunikation durch Open Access und neue Möglichkeiten der Qualitätssicherung. – In: Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007. Hrsg. v. Frank Havemann, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. S. 137 – 158.
- (mit Andrea Kaufmann): Vergleich des Publikationsverhaltens von Natur- und Sozialwissenschaftlern. – In: Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007. Hrsg. v. Frank Havemann, Heinrich Parthey und Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. S. 167 – 178.
- (mit Michael Heinz, Marion Schmidt & Jochen Gläser): Measuring Diversity of Research in Bibliographic-Coupling Networks. – In: Proceedings of ISSI 2007. Ed. by Daniel Torres-Salinas and Henk Moed. Madrid 2007. S. 860 – 861.

- (mit Oliver Mitesser, Michael Heinz & Jochen Gläser): Measuring Diversity of Research by Extracting Latent Themes from Bipartite Networks of Papers and References. – In: Proceedings of WIS 2008: Fourth International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Ninth COLLNET Meeting. Ed. by Hildrun Kretschmer and Frank Havemann. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008. (Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek). 10 Seiten.
- (mit Michael Heinz, Oliver Mitesser & Jochen Gläser): Ist die Vielfalt der Forschung in Gefahr? Methodische Ansätze für die bibliometrische Messung thematischer Diversität von Fachbibliographien. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. Werner Ebeling und Heinrich Parthey. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 107 – 119.

IV. Rezensionen und Berichte

- Bookreview: Indicators of Indian Science and Technology. – In: Proceedings of the First Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics, Collaboration in Science, 16 - 19 August 1998. Ed. by Frank Havemann and Hildrun Kretschmer. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. S. 166 – 167.
- (Rezension) Maya Jokic & Rafael Ball: Qualität und Quantität wissenschaftlicher Veröffentlichungen – bibliometrische Aspekte der Wissenschaftskommunikation. – In: ABI-Technik (München). 27(2007)1, S. 59 – 61.
- (Rezension) Dirk Tunger: Bibliometrische Verfahren und Methoden als Beitrag zu Trendbeobachtung und -erkennung in den Naturwissenschaften. – In: ABI-Technik (München). 29(2009)1, S. 197 – 198.

Publikationen der Mitglieder im Jahre 2009

*Gerhard Banse*¹ & A. Kiepas (Hrsg.): Zrównowazony rozwój w Polsce. Rolnictwo – turystyka – edukacja. Berlin: edition sigma 2009. (Global zukunftsfähige Entwicklung – Nachhaltigkeitsforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft, Bd. 13.2)

Gerhard Banse: Technikfolgenabschätzung als soziale Technikbewertung. – In: Vída, filosofie, metodologie. Sborník k osmdesátým patým narozeninám Ladislava Tondla. Hrsg. v. S. Filáček. Prag: FILOSOFIA 2009, S. 57 – 86.

Gerhard Banse: Technik - Nachhaltigkeit - Langzeitverantwortung. – In: Nachhaltige Entwicklung industrieller Regionen. Hrsg. v. E. Lorek. Katowice: Academia Oeconomicae Sigillum 2009. S. 318 – 328.

Gerhard Banse, M. Wieser & R. Winter (Hrsg.): Neue Medien und kulturelle Vielfalt. Konzepte und Praktiken. Workshop an der Universität Klagenfurt: Die Zukunft der Informationsgesellschaft. 09.-11.12.2007. Berlin: trafo 2009. (Network - Cultural Diversity and New Media, Vol. 13).

Gerhard Banse, Wolfgang Küttler & Roswitha März (Hrsg.): Die Mathematik im System der Wissenschaften. Berlin: trafo 2009. (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 24).

Gerhard Banse: Edukacja dla zrównowazonego rozwoju. Uwagi wprowadzajace. – In: Zrównowazony rozwój w Polsce. Rolnictwo – turystyka – edukacja. Hrsg. v. *Gerhard Banse* & A. Kiepas. Berlin: edition sigma 2009. S. 249 – 259.

Gerhard Banse: Technikfolgenabschätzung - Zwischen Ideal und Wirklichkeit. – In: Zeszyty Naukowe. 16(2009)1, S. 9 – 23.

Gerhard Banse: Auf dem Weg zur Informationsgesellschaft. - In: Zeszyty Naukowe. 16(2009)3, S. 7 – 26.

Gerhard Banse: Begleitworte anlässlich der Übergabe der Festschrift Siegfried Wollgast zum 75. Geburtstag. – In: Menschheit und Geschichte – Zwischen Eiszeit und Zukunft. Hrsg. v. J. Herrmann. Berlin: trafo 2009, S. 195 – 199. (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 102)

1 Kursiv: Mitglieder der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung.

- Gerhard Banse*: Informationsgesellschaft und Ethik. Anmerkungen. - In: Neue Medien und kulturelle Vielfalt. Konzepte und Praktiken. Workshop an der Universität Klagenfurt. Die Zukunft der Informationsgesellschaft. 09.-11.12.2007. Hrsg. v. *Gerhard Banse*, M. Wieser und R. Winter. Berlin: trafo 2009, S. 27 – 42.
- Gerhard Banse*: Wissenschaft und Humanismus. Annäherungen - Herbert Hörz zum 75. Geburtstag. – In: Menschheit und Geschichte - Zwischen Eiszeit und Zukunft. Hrsg. v. J. Herrmann. Berlin: trafo 2009, S. 89 – 110. (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 102).
- Gerhard Banse & Armin Grunwald*: Coherence and diversity in the engineering sciences. – In: Philosophy of technology and engineering sciences. Ed. by A. Meijers. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York: Elsevier 2009, S. 155 – 184. (Handbook of the philosophy of science, Bd. 9).
- Gerhard Banse & R. Hauser*: Kultur und Technik - Genese und Stand einer Forschungsinitiative. – In: Theorie Vedy (Theory of Science). XXXI(2009)3/4, S. 131 – 151.
- Gerhard Banse, O. Parodi & A. Schaffer*: Interdependenzen zwischen kulturellem Wandel und nachhaltiger Entwicklung. Ergebnisse des 9. Weimarer Kolloquiums vom 30. - 31.10.2008. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe 2009. (Wissenschaftliche Berichte, FZKA 7497).
- R. Hauser & *Gerhard Banse*: Kultur und Kulturalität – Annäherungen an ein vielschichtiges Konzept. – In: Interdependenzen zwischen kulturellem Wandel und nachhaltiger Entwicklung. Ergebnisse des 9. Weimarer Kolloquiums vom 30. - 31.10.2008. Hrsg. v. *Gerhard Banse*, O. Parodi und A. Schaffer. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe 2009. S. 7 – 23. (Wissenschaftliche Berichte, FZKA 7497).
- Gerhard Banse* (Rezension): Zusammenbruch der Gewissheiten. M. Hofmann: Lernen aus Katastrophen. Nach den Unfällen von Harrisburg, Seveso und Sandoz. – In: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis. 18(2009)2, S. 118 – 120.
- Gerhard Banse*: „Rzeczywisto wirtualna“ i jej odniesienie do „rzeczywistosci realnej“ [„Virtuelle Realität“ bezüglich der „realen Wirklichkeit“]. – In: Czlowiek a swiaty wirtualne [Mensch und virtuelle Welt]. Red. A. Kiepas, M. Sukowska, M. Woek. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu lskiego [Verlag der Schlesischen Universität] 2009. S. 42 – 49.

- Gerhard Banse*: Technology Assessment & Sustainable Development: Information Society & Eastern Europe. – In: Sustainability 2009: The Next Horizon. Conference Proceedings. Ed. by G. Nelson and I. Hronszky. Melville, NY: American Institute of Physics 2009, pp. 83 – 92 (AIP Conference Proceedings, 1157).
- Gerhard Banse*: Cooperation with Middle and Eastern European Countries in the Field of TA – Results and Experiences. Abstract. – In: International Union of History and Philosophy of Science. Division of History of Science and Technology (IUHPS/DHST) (ed.): Ideas and Instruments in Social Context. XXI-II International Congress of History of Science and Technology, 28 July – 2 August 2009, Budapest, Hungary. Book of Abstracts & List of Participants. p. 383.
- Gerhard Banse*: Akzeptanz – Akzeptabilität – Emotionalität. – In: Rationalität und Emotionalität. Hrsg. v. H. Ganthaler, O. Neumaier und G. Zecha. Wien/Münster: LIT Verlag 2009, S. 173 – 185.
- Gerhard Banse*: Techniksicherheit und Sicherheitskulturen. – In: Sicherheitsforschung – Chancen und Perspektiven. Hrsg. v. P. Winzer, E. Schnieder und R. W. Bach. München: acatech 2009, S. 195 – 215.
- Gerhard Banse*: Der gläserne Mensch. RFID in der Diskussion. – In: LIFIS ONLINE [06.01.09] – URL: www.leibniz-institut.de/archiv/banse_06_01_09.de (S. 1-16)
- Gerhard Banse*: Auf dem Wege zur Informationsgesellschaft. Ergebnisse – Probleme – Aufgaben. – In: Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Zarzdzanie i Marketing [Wissenschaftliche Hefte der Technischen Hochschule Rzeszów. Verwaltung und Marketing]. 16 (2009) 4, S. 17– 34.
- A. Rothkegel, *Gerhard Banse* & O. Renn: Interdisziplinäre Risiko- und Sicherheitsforschung. – In: Sicherheitsforschung – Chancen und Perspektiven. Hrsg. v. P. Winzer, E. Schnieder und R. W. Bach. Berlin/Heidelberg: Springer 2009. S. 147 – 162.
- Manfred Bonitz* (Übersetzung): V. V. Nalimov, Spontaneität des Bewusstseins. Wahrscheinlichkeitstheorie der Bedeutungen und Bedeutungsarchitektonik der Persönlichkeit. Berlin: trafo-Wissenschaftsverlag 2009. 394 Seiten.
- Werner Ebeling* & *Heinrich Parthey* (Hrsg.): Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. 285 Seiten.

- Werner Ebeling & Andrea Scharnhorst*: Selbstorganisation und Mobilität von Wissenschaftlern – Modelle für die Dynamik von Problemfeldern und Wissenschaftsgebieten. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. *Werner Ebeling* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 9 – 27.
- Werner Ebeling*: Max Planck on Entropy and Irreversibility. – In: Max Plack. Annalen Papers. Ed. by Dieter Hoffmann. Weinheim-Wiley: VCH Verlag 2009. S. 29 – 37.
- Werner Ebeling*: Max Planck on Thermodynamic Equilibria and Electric Transport. – In: Max Plack. Annalen Papers. Ed. by Dieter Hoffmann. Weinheim-Wiley: VCH Verlag 2009. S. 167 – 173.
- Ingrid Hartmann-Sonntag, *Andrea Scharnhorst & Werner Ebeling*: Sensitive Networks – Modelling Self-Organization and Innovation Processes in Networks. – In: Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing Series. Ed. by Andreas Pyka and *Andrea Scharnhorst*. Berlin: Springer 2009. S. 285 – 329.
- Klaus Fischer*: Ein Kuhnsches Modell wissenschaftlicher Selbstorganisation: kognitive Grundlagen paradigmatischer Zyklen. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. *Werner Ebeling* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 29 – 53.
- Klaus Fischer*: Wer bestimmt das Nichtwissen? – In: Erwägen – Wissen – Ethik. 20 (2009) 1. S. 119 - 122.
- Klaus Fuchs-Kittowski*: Selbstorganisation und Gestaltung informationeller Systeme in sozialer Organisation. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. *Werner Ebeling* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 121 – 184.
- Klaus Fuchs-Kittowski*: 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. Ed. by Volker Wohlgenuth. Berlin: trafo verlag 2009. S. 107 – 132.
- Jochen Gläser & Grit Laudel*: Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen (Expert interviews and

qualitative content analysis as instruments of reconstructive empirical investigations). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2009 (3. Auflage).

Michael Heinz, Oliver Mitesser, Jochen Gläser & Frank Havemann: Ist die Vielfalt der Forschung in Gefahr? Methodische Ansätze für die bibliometrische Messung thematischer Diversität von Fachbibliographien. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. *Werner Ebeling* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 107 – 119.

Jochen Gläser & Grit Laudel: On interviewing „good“ and „bad“ experts. – In: Interviewing Experts. Ed. by Alexander Bogner, Beate Littig and Wolfgang Menz. Basingstocke: Palgrave Macmill 2009. S. 117 – 137.

Jochen Gläser & Grit Laudel: Wenn zwei das Gleiche sagen ... Qualitätsunterschiede zwischen Experten. – In: Experteninterviews.: Theorien, Methoden, Anwendungsfelder. Hrsg. v. Alexander Bogner, Beate Littig und Wolfgang Menz. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2009. S. 137 – 158.

Jochen Gläser & Grit Laudel: Creating competing constructions by Reanalysing Qualitative Data. – In: Historical Social Research / Historische Sozialforschung. 33(2009), S. 115 – 147.

Stephan Gradmann: Signal, Information, Zeichen. Zu den Bedingungen des Verstehens in semantischen Netzen. – In: LIBREAS. Library Ideas. 14(2009).

Stephan Gradmann: Publizieren im Open-Access-Modell – Allgemeine Einführung und Grundaussagen. – In: cms-journal. 32(2009), S. 20 – 23.

Elke Greifeneder & Sandra Lechelt: Preparing the Stage. LIS Projects and Public Relations. – In: SET Bulletin IFLA Section on Education & Training. 10(2009)1, S. 13 – 15.

Michael Seadle & Elke Greifeneder: Bilder, die nicht lügen. – In: B.I.T.online. S. 11 – 15.

Frank Havemann: Einführung in die Bibliometrie. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2009. (Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek). 66 Seiten.

Frank Havemann: Ein Zitationsindex elektronischer Dokumente in institutionellen Repositorien. – In: cms-journal (Berlin). 32(2009) Juni, S. 74 – 76.

- Frank Havemann*: (Rezension) Dirk Tunger: Bibliometrische Verfahren und Methoden als Beitrag zu Trendbeobachtung und -erkennung in den Naturwissenschaften. – In: ABI-Technik (München). 29(2009)1, S. 197 – 198.
- Michael Heinz*, Oliver Mitesser, *Jochen Gläser* & *Frank Havemann*: Ist die Vielfalt der Forschung in Gefahr? Methodische Ansätze für die bibliometrische Messung thematischer Diversität von Fachbibliographien. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. *Werner Ebeling* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 107 – 119.
- Thomas Heinze* & Gerrit Bauer: Creativity capabilities in nanoscale research. Longitudinal population level evidence. – In: *Annales d'Economie et de Statistique* (under review) 2009.
- Thomas Heinze*, Philip Shapira, Juan Rogers & Jacqueline Senker: Organizational and institutional influences on creativity in scientific research. – In: *Research Policy*. 38(2009), S. 610 – 623.
- Eckart Henning* & *Marion Kazemi*: Dahlem - Domäne der Wissenschaft. Ein Spaziergang zu den Berliner Instituten der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft im „deutschen Oxford“. Berlin: Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft 2009 (4., erw. und aktualisierte Auflage). 206 Seiten,
- Eckart Henning* & *Marion Kazemi*: Dahlem - Domain of Science. A walking tour of the Berlin institutes of the Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Society in the „German Oxford“. Berlin: Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft 2009 (4., expanded and updated edition). 202 Seiten.
- Eckart Henning*: Wissen, Wissenschaft und Wissenschaftsgeschichte: aus der Sicht des zentralen Archivs der Max-Planck-Gesellschaft. – In: *Berliner wissenschaftliche Gesellschaft*. (2009), S. 141 – 163.
- Dieter Fick & *Horst Kant*: Walther Bothe's contributions to the understanding of the wave-particle duality of light. – In: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* . 40(2009), S. 395 – 405.
- Klaus Kornwachs*: Zuviel des Guten – von Boni und falschen Belohnungssystemen. Edition Unsel 27. Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009.
- Galsan Tschinag, *Klaus Kornwachs* & Maria Kaluza: Der singende Fels. Schamanentum, Heilkunde, Wissenschaft. Galsan Tschinag im Gespräch mit *Klaus Kornwachs* und Maria Kaluza. Zürich: Unionsverlag 2009.

- Klaus Kornwachs* & P.T. Stephan: Das Mensch Ding Verhältnis. – In: Intelligente Objekte. Technische Gestaltung – Wirtschaftliche Verwertung – Gesellschaftliche Wirkung. Acatech diskutiert. Hrsg. v. O. Herzog und Th. Schildhauer. Heidelberg: Springer 2009. S. 15 – 22.
- Klaus Kornwachs*: Ethische Überlegungen – Bedingungserhaltung verantwortlichen Handels. – In: Intelligente Objekte. Technische Gestaltung – Wirtschaftliche Verwertung – Gesellschaftliche Wirkung. Acatech diskutiert. Hrsg. v. O. Herzog und Th. Schildhauer. Heidelberg: Springer 2009. S. 115 – 122.
- Klaus Kornwachs* & Wolfgang Coy: Zur gesellschaftlichen Integration Intelligenter Objekte. – In: Intelligente Objekte. Technische Gestaltung – Wirtschaftliche Verwertung – Gesellschaftliche Wirkung. Acatech diskutiert. Hrsg. v. O. Herzog und Th. Schildhauer. Heidelberg: Springer 2009. S. 125 – 138.
- Klaus Kornwachs*: Wissen – Können – Machen. – In: Dekanstöße: Werte – Führung – Verantwortung. Festschrift zum 65. Geburtstag von H.-J. Bullinger. Hrsg. v. D. Spath. Stuttgart: Fraunhofer Verlag 2009. S. 253 – 257.
- Klaus Kornwachs*: Vom Widerspruch in der Maschine: Die Parapraxis. – In: Berichte der Fakultät für Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus. PT-02/2009. Cottbus 2009.
- Klaus Kornwachs*: Handwerk – Wissenschaft – Macht oder: Wie kommt die Informatik zu einer Theorie? – In: Mensch - Technik - Kommunikation. Beiträge zur Informatisierung in Gesellschaft, Recht, Ökonomie und Technik. Hrsg. v. ALCATEL-Lucent Stiftung für technische Kommunikationsforschung. Stuttgart 2009. S. 66 – 86.
- Klaus Kornwachs*: Von der Macht der Vernunft und der Ohnmacht der Computer - Weizenbaum revisited. – In: Forum der Forschung (Brandenburgische Technische Universität). (2009)22, S. 33 – 40.
- Klaus Kornwachs*: Das Ende des Wagenlenkers: Automatisierungs- und Mobilitätsbedürfnisse moderner Arbeitsnomaden. – In: Die Revolution der Automation (2009). Tagungsband. Schriftenreihe 146. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich und Forschungsstelle für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte (FSW), Universität Zürich. Hrsg. v. R. Döbritz, G. Hürlmann und W. Weidmann. Zürich 2009. S. 89 – 112.
- Haiyan Hou, Zeyuan Liu, *Hildrun Kretschmer*, Tianpeng Qu & Chunting Lu: International Collaboration Networks of Chinese Scientometrics. – In: COL-

LNET Journal of Scientometrics and Information Management. 3(2009)1, S. 61 – 70.

Jie Pang, *Hildrun Kretschmer* & Zeyuan Liu: Distribution of Co-Author Pairs' Frequencies in Energy Science and Technology – In: COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management. 3(2009)2, S. 11 – 18.

Kretschmer, Hildrun & Theo Kretschmer: Who is collaborating with whom? Explanation of a fundamental principle. Part I: Theoretical Approach (*Invited Keynote Speech*). – In: Proceedings of the 5th International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics and 10th COLLNET Meeting, 13-16 September 2009, Dalian, China. Ed. by Haiyan Hou, Bo Wang, Shengbo Liu, Zhigang Hu, Xi Zhang, Mingzi Li. CD-ROM for all participants and for selected libraries) 2009.

Kretschmer, Hildrun & Theo Kretschmer: Who is collaborating with whom? Explanation of a fundamental principle. Part II: Methodology and Results. – In: Proceedings of the 5th International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics and 10th COLLNET Meeting, 13-16 September 2009, Dalian, China. Ed. by Haiyan Hou, Bo Wang, Shengbo Liu, Zhigang Hu, Xi Zhang, Mingzi Li. (CD-ROM for all participants and for selected libraries) 2009.

Hubert Laitko: „...es wird eine Wissenschaft sein“. Taugt Karl Marx' Jugendvision (1844) als Leitbild für die Wissenschaft des 21. Jahrhunderts – immer noch oder jetzt erst recht? – In: Anforderungen an eine nachhaltige Wissenschaftsentwicklung (Rohrbacher Manuskripte H. 15). Leipzig: Rosa-Luxemburg-Stiftung 2009, S. 56 – 83.

Hubert Laitko: Abschied von Helmut Steiner 7. Februar 1936 – 14. Februar 2009. – In: LuXemburg. Gesellschaftsanalyse und linke Praxis. 1 (2009) 1, S. 183 – 190.

Hubert Laitko: Strategen, Organisatoren, Kritiker, Dissidenten – Verhaltensmuster prominenter Naturwissenschaftler der DDR in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts (Preprint 367 des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte). Berlin: Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte 2009, 130 Seiten.

Jochen Gläser & *Grit Laudel*: Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen (Expert interviews and

qualitative content analysis as instruments of reconstructive empirical investigations). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2009 (3. Auflage).

Jochen Gläser & Grit Laudel: On interviewing „good“ and „bad“ experts. – In: Interviewing Experts. Ed. by Alexander Bogner, Beate Littig and Wolfgang Menz. Basingstocke: Palgrave Macmill 2009. S. 117 – 137.

Jochen Gläser & Grit Laudel: Wenn zwei das Gleiche sagen ... Qualitätsunterschiede zwischen Experten. – In: Experteninterviews.: Theorien, Methoden, Anwendungsfelder. Hrsg. v. Alexander Bogner, Beate Littig und Wolfgang Menz. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2009. S. 137 – 158.

Jochen Gläser & Grit Laudel: Creating competing constructions by Reanalysing Qualitative Data. – In: Historical Social Research / Historische Sozialforschung. 33(2009), S. 115 – 147.

Karlheinz Lüdtke: Zum Verhältnis von Selbst- und Fremdorganisation in interdisziplinären Prozessen der Wissenschaftsentwicklung. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. *Werner Ebeling* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 81 – 106.

Werner Ebeling & Heinrich Parthey (Hrsg.): Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. 285 Seiten.

Heinrich Parthey: Selbstorganisation der Wissenschaft in Forschungsinstituten. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. *Werner Ebeling* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 55 – 80.

Werner Ebeling & Andrea Scharnhorst: Selbstorganisation und Mobilität von Wissenschaftlern – Modelle für die Dynamik von Problemfeldern und Wissenschaftsgebieten. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. *Werner Ebeling* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 9 – 27.

Andreas Pyka & Andrea Scharnhorst: Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing Series. Berlin: Springer 2009. 330 Seiten.

Andreas Pyka & Andrea Scharnhorst: Introduction: Network Perspectives on Innovations: Innovative Networks – Network Innovation. – In: Innovation

Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing Series. Ed. by Andreas Pyka and *Andrea Scharnhorst*. Berlin: Springer 2009. S. 1 – 19.

Ingrid Hartmann-Sonntag, *Andrea Scharnhorst* & *Werner Ebeling*: Sensitive Networks – Modelling Self-Organization and Innovation Processes in Networks. – In: Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing Series. Ed. by Andreas Pyka and *Andrea Scharnhorst*. Berlin: Springer 2009. S. 285 – 329.

Katy Boerner & *Andrea Scharnhorst*: Editorial: Visual conceptualizations and models of science. – In: Journal of Informetrics: 'Science of Science: Conceptualizations and Models of Science' (special issue). 3(2009)3, S. 101 – 172.

Michael Seadle: Archiving in the Networked World: Betting on the Future. – In: Library Hi Tech, 27(2009)2.

Michael Seadle: Archiving in the Networked World: PDF in 2109? – In: Library Hi Tech, 27(2009)4.

Michael Seadle & *Elke Greifeneder*: Bilder, die nicht lügen. – In: B.I.T.online. S. 11 – 15.

Michael Seadle: Editorial – Die Zukunft des Wissenschaftlichen Publizierens. – In: cms-journal. 32(2009), S. 3 – 4.

Michael Seadle: Download as pdf-file. The Nastiness of Data. – In: Library Hi Tech. 27(2009)3.

Michael Seadle: The Work that Vanished. – In: LIBREAS. Library Ideas. 14(2009).

Günter Spur & Th. Stöferle (Hrsg.): Handbuch der Fertigungstechnik. München: Carl Hanser Verlag 2009.

Günter Spur: Von der Mechanischen Technologie zur Wissenschaft vom Fabrikbetrieb unter Georg Schlesinger. Ferrum – Nachrichten aus der Eisenbibliothek der Georg Fischer AG, Nr. 81, Mai 2009

Günter Spur: Produktionstechnik als Innovationstreiber. – In: Mittelstand und Osteuropa: RKW-Kuratorium . Hrsg. v. O. Franz. Sterneeeeeenfels: Verlag Wirtschaft & Praxis 2009. S. 92 –100.

Günter Spur: Nachhaltiger Innovationsbedarf durch globale Wirtschaftskrise. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104(2009)1/2, S. 7.

-
- Günter Spur*: Neuorientierung der Innovationsforschung. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104(2009)3, S. 106.
- Günter Spur*: Die Entwicklungsphasen der WGP-Lehrstühle. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104(2009)4, S. 220 – 221.
- Günter Spur*: Produktionstechnische Innovationskultur gefragt. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104(2009)5, S. 319.
- Günter Spur*: Digitale Planungssysteme für Innovationsprozesse. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104(2009) 6, S. 431.
- Günter Spur*: Aufbruch zur digitalen Produktionsplanung. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104(2009) 9, S. 687 – 688.
- Günter Spur*: Über die Zukunft der Fabrik. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104(2009)12, S. 1063 – 1067.
- Walther Umstätter*: Zwischen Informationsflut und Wissenswachstum. Bibliotheken als Bildungs- und Machtfaktor der modernen Gesellschaft. Berlin: Simon Verlag für Bibliothekswissen 2009. 337 Seiten.
- Walther Umstätter*: Die Folgen der Online-Revolution / Begabtenförderung durch Informationskompetenz. – In: Buch und Bibliothek. 10(2009), S. 729 – 732.
- Walther Umstätter*: Bibliothekswissenschaft im Wandel, von den geordneten Büchern zur Wissensorganisation. – In: Bibliothek in Forschung und Praxis. 12(2009).
- Ricardo Cappellin & *Rüdiger Wink*: International knowledge and innovation networks: knowledge creation and innovation in medium technology clusters. Cheltenham: Elger 2009. 275 Seiten.
- Rüdiger Wink*: Integrative technologies and knowledge gatekeepers: bridging the gap between epistemic communities in case of stem cell science. – In: International journal of learning and chance. 9(2008/2009)1, S. 47 – 74.

Namensregister

A

Abbott, A. 98
Abendroth, W. 48
Aertsen, A. 243
Afheldt, H. 210
Ahlrichs, R. 162
Albrecht, E. 203
Albrecht, St. 209
Alcock, F. 70
Alemann, U. v. 69
Alexander der Große 28
Allport, F. H. 22
Altenburg, K. 160, 168
Alvarez, L. 42
Amerongen, O. W. von
216
Andrews, F. M. 15, 23
Arabas, K. 70
Ardenne, M. v. 42
Aristoteles 28, 45, 244
Ascher, W. 60
Atkins, P. W. 153
Atteslander, P. 74-75

B

Baechler, Ch. 197
Baitsch, H. 204
Ball, T. 243
Balsinger, Ph. W. 22
Bardt, H. P. 23
Bargmann, W. 210, 213
Barling, R. L. 141
Barlösius, E. 10, 63-64
Baumgärtner, S. 100-101,
104, 110, 119, 138
Bechtel, W. 46

Becker, A. 185, 187
Becker, C. 100-101, 104,
110, 119, 138
Becker, E. 59
Becker, H. 157, 185
Becker, J. 108, 116
Berleur, J. 118
Bernal, J. D. 199, 202
Bertalanffy, L. v. 42, 106
Bertram, H. 16
Bethe, H. 156, 207
Bethe, H. A. 207
Beveridge, D. L. 159
Beyerchen, A. D. 186
Beyers, B. 151
Bickenbach, O. 196
Biedermann, W. 33
Biermann, F. 69
Bill, A. 84
Bingel, W. 162
Birbaumer, N. 241-242,
249
Birnbaum-More, P. H.
21

Birner, P. 169
Bismarck, K. von 210,
216
Böcher, M. 59-63, 65, 69,
71, 73, 75, 80
Bock, H. 159
Boehmer-Christiansen, S.
62, 65
Böhme, G. 235
Bohr, N. 207-208
Bonhoeffer, K. F. 183

Borsdorf, R. 162
Bortz, J. 75
Bosch, C. 192
Bothe, W. 175, 179, 181-
195, 197
Bowersox, J. 70
Boys, S. F. 160
Branner, A. 239, 242
Braucher, W. 108
Braun, D. 65
Braun-Thürmann, H. 10
Brenner, W. 122-123
Brocke, B. vom 175, 184,
221
Brödner, P. 118
Brunner, S. H. 83, 87
Bruns, H. 64
Budde, R. 117
Bull, H. P. 74
Büscher, Ch. 143
Buskes, C. 42
Butenandt, A. 33, 210-
211, 214-215, 217
Bykov, G. V. 154

C

Cahan, D. 29
Cameron, S. 107
Campe, S. 69
Caplan, A. H. 239, 242
Carsky, P. 161
Cash, D. W. 70-72
Chadwick, J. 185
Chalmers, D. 245
Chen, D. 239, 242
Clark, A. 245, 247

- Clark, W. C. 70-72
 Clausen, J. 240-242, 248
 Cohen, R. S. 40
 Compton, K. T. 190
 Coulson, C. A. 156, 169
 Coy, W. 117-118
 Crawford, E. 197
 Crick, F. 13-14, 42
 Cubasch, U. 144-145
 Czermak, J. 13
- D**
- Dahrendorf, R. 232
 Daschkeit, A. 101, 143
 Daudel, R. 156
 Debye, P. 184-186
 Decker, M. 240
 Defila, R. 22
 Deichmann, U. 196
 Delbrück, M. 14-15, 42
 Denning, J. P. 111, 115
 Dessauer, F. 188
 Dewar, M. J. S. 159
 Di Giulio, A. 22
 Dickson, N. 70-72
 Dijkstra, E. W. 115
 Dirac, P. A. M. 155
 Dobrov, G. M. 168
 Docherty, E. 118
 Döhler, M. 63
 Dohrn, K. 216
 Dölle, H. 206
 Dombrowski, W. R. 143
 Dominicus Gundissalinus
 45
 Donoghue, J. P. 239, 242
 Döring, N. 75
 Dreier, V. 69
 Dresbach, S. 11
 Dresden, M. 40
- Drieschner, M. 201, 206,
 227, 231, 236
 Drieschner, M. 201
 Dunken, H. 162
 Dupuis, M. 25
 Dyatkina, M. E. 156
- E**
- Eckley, N. 70-72
 Edingshaus, A.-L. 188
 Edwards, P. 145
 Einstein, A. 33, 184
 Engels, E.-M. 249
 Engels, S. 166, 173
 Enz, C. P. 40
 Ermenc, J. J. 195
 Esser, E. 74-75
 Esser, H. 27
 Estmer, W. 158
 Euklid 28
 Eyring, H. 156
- F**
- Faber, M. 119
 Fabian, J. 162
 Falk, S. 63, 65
 Falter, J. W. 75
 Feigl, H. 38
 Fenz, N. 108
 Fetz, E. E. 242
 Fick, D. 185
 Fischer, E. 30
 Fischer, T. 201
 Flechtheim, O. K. 204-
 205
 Flechtheim, R. 204
 Fleck, L. 22
 Fleischer, L.-G. 102, 147
 Fleischer, T. 240
 Fleischmann, R. 185,
 187, 195-196
- Fliedner, Th. M. 204
 Flor, H. 241
 Floyd, C. 117
 Fock, V. A. 155
 Förster, H. v. 106-107
 Förster, W. 29
 Franck, J. 187
 Frank, H. 107
 Fränz, H. 185-186
 Franz, H.-W. 60
 Fränzel, O. 101
 Freese, H. 177
 Freiburghaus, D. 69-70
 Freidson, E. 98
 Friehs, G. M. 239, 242
 Frisch, O. R. 13, 194
 Frischknecht, P. 83, 87
 Fuchs, M. 180
 Fuchs-Kittowski, K. 100,
 105, 108, 116-118,
 136, 141, 144, 146,
 149, 203
 Fuest, V. 109, 149
 Fukui, K. 161
- G**
- Ganswindt, I. 180
 Gardner, H. 52
 Garfield, E. 48-51
 Gassert, Ph. 204
 Gavroglu, K. 40
 Geiger, H. 184-185
 Genov, N. 203
 Gentner, W. 188-189,
 191-194, 197, 213
 Gerber, A. 59, 75
 Gerlach, W. 210
 Gerwin, R. 221
 Gey, E. 167, 174
 Ghanayim, N. 241

- Gibbons, M. 220
 Gillespie, R. J. 161, 171
 Girault, C. 140
 Girnus, W. 203
 Glaeske, H.-J. 168, 171
 Gliemann, G. 157
 Glum, F. 175
 Goldsmith, M. 202
 Gorodetzky, S. 197
 Goudsmit, S. A. 196
 Grau, C. 29
 Gray, R. 144
 Greif, S. 29
 Grossenbacher-Mansuy,
 W. 84
 Grossner, C. 107-108,
 204, 215-217
 Gründler, W. 162
 Gustav, K. 162
 Gutman, I. 171
H
 Haack, W. 108
 Haber, F. 33
 Haberditzl, W. 161-162
 Häberli, R. 84
 Habermas, J. 54, 232-233
 Hahn, F. 205
 Hahn, O. 13, 33, 183-
 184, 194
 Haken, H. 42
 Hall, G. G. 154
 Hansmann, R. 83-84, 87
 Harnack, A. 32
 Hartmann, H. 157, 162
 Hartree, D. R. 155
 Hauser, W. 142-143, 145
 Häuslein, A. 138
 Hausser, I. 180-181, 189
 Hausser, K. W. 179-183
 Havemann, R. 162
 Healy, R. 60
 Hehre, W. J. 161, 170
 Heidberg, J. 158
 Heigert, H. 233
 Heilbronner, E. 159
 Heimpel, H. 210
 Heinemann, M. 158
 Heinrich, L. J. 108, 116,
 120-121, 123
 Heinrichs, J. 209
 Heisenberg, W. 184, 194-
 195, 207-208, 210-
 211
 Heitler, W. 154, 157
 Hellmann, H. 156, 158,
 167
 Helmholtz, H. 30
 Henning, E. 221
 Hensel, U. 127, 136-137
 Hettrup, D. 206
 Hey, C. 60, 70
 Hicks, D. M. 15
 Hieber L. 102
 Hildt, E. 249
 Hill, P. B. 74-75
 Hill, V. 178
 Hilty, L. M. 114
 Hinterberger, T. 241
 Hirsch Hadorn, G. 69
 Hirsch-Kreinsen, H. 60
 Hobza, P. 170
 Hochberg, L. R. 239, 242
 Hoffmann, D. 185, 208
 Hoffmann, G. 185
 Hoffmann, R. 161, 169,
 171
 Hofkirchner, W. 108
 Hofmann, H.-J. 169
 Hofmann, W. 48
 Hohlfeld, R. 235
 Hohn, H.-W. 63-64
 Holste, W. 216
 Holzhey, H. 41
 Horn, P. 63
 Hornbostel, S. 10, 63
 Hörz, H. 105
 Howaldt, J. 60
 Hübner, H. 145
 Hückel, E. 155-156, 159,
 169
 Humboldt, W. v. 29, 32-
 33
 Hummell, H.- J. 39
 Hund, F. 154, 167-168,
 171, 207
 Huxley, J. 178
I
 Ilse, F. E. 157
 Impagliazzo, J. 118
 Ingold, C. K. 157, 169
 Iriki, A. 246
 Iversen, I. 241
J
 Jacob von Baeyer, H. 188
 Jacob, K. 69
 Jacobsen, H. 60
 Jaekel, O. 34
 Jäger, J. 70-72
 Jahn, T. 59
 Jantsch, E. 39, 42, 104
 Japp, K. P. 143
 Jensen, P. 194-195
 Jochimsen, R. 41
 Johnson, K. H. 161
 Joliot-Curie, F. 188
 Joos, G. 194
 Jug, K. 158-159, 162

- Jungert, M. 42, 45, 47
 Jungk, R. 204
 Junker, H. 129
K
 Kahn, H. 204
 Kandel, E. 42
 Kanitscheider, B. 148
 Kant, H. 30, 184-186, 193, 197
 Karagianis, D. 123
 Kasang, D. 144
 Kästner, J. 204
 Katz, J. S. 15
 Kaufmann, F. X. 46
 Kazemi, M. 221
 Kedrow, B. M. 45
 Keil-Slawik, R. 117
 Kessler, M. 205
 Ketelaar, J. A. A. 169
 Kiekheben, U. 127-128, 130, 133-134, 146
 Kimball, G. E. 156
 Kissling-Näf, I. 69
 Klaus, G. 105
 Klimke, M. 204
 Knie, A. 10, 63
 Knigge, J. 208
 Kobluhn, F. 232
 Koch, H.-J. 60, 70
 Kocka, J. 46, 102, 106
 Koester, L. 195
 Köhler, H.-J. 169
 Kohn, W. 163
 Kolhörster, W. 185
 König, K. 74
 König, W. 29, 108, 116
 Kopp, R. 60
 Kossel, W. 182
 Kotchoubey, B. 241
 Koutecky, J. 170
 Kraetsch, C. 20, 57
 Krafft, F. 14
 Krauch, H. 23
 Kraus, E. 209
 Kreckel, R. 203
 Krehl, L. v. 175-179, 181-183, 189, 195
 Kreuzkam, J. B. 204
 Kriesi, I. 25
 Kriz, J. 69
 Kröber, G. 203
 Krohn, W. 63, 206, 221-222, 228, 235-236
 Kromrey, H. 74-75
 Krott, M. 59-61, 63, 65, 69-73, 75, 80
 Krüger, L. 38
 Kübler, A. 241-242
 Kuhbier, J. 74
 Kuhn, R. 175, 178-183, 195-196
 Kuhn, Th. S. 12, 22, 43
 Kulenkampff, H. 183
 Kunz, W. 23
 Küppers, G. 63
 Kutzelnigg, W. 154, 162, 169
L
 Ladik, J. 172
 Laitko, H. 29, 184-185, 199, 203, 221
 Lang, D. J. 83
 Langner, E. 203
 Laudel, G. 20, 35, 109
 Laue, M. v. 183
 Lawrence, E. O. 191
 Lehmann, L. 69
 Lenard, P. 179, 185-186
 Lengwiler, M. 20, 57
 Lennard-Jones, J. E. 155
 Lentsch, J. 10, 62-63
 Lepenies, W. 82
 Lewis, G. N. 157
 Lewis, J. N. 157
 Liebig, B. 25
 Lindner, R. 208
 Lipmann, F. 178
 Loeser, F. 203
 Löffler, W. 42, 47
 Lompe, K. 65
 London, F. 154, 157
 Longuet-Higgins, H. C. 156
 Lotka, A. 23
 Lovelock, J. 42
 Löwdin, P.-O 172
 Lundgreen, P. 63
 Lüst, R. 233-234
 Lutterbeck, B. 114
 Lwoff, A. 178
M
 Mackay, A. 202
 Maier, H. 178
 Maier-Leibnitz, H. 186-189
 Maio, G. 240, 242
 Maravita, A. 246
 Markowitsch, H. 53
 Martens, F. F. 180
 Marx, K. 220
 Mathiak, K. 171
 Matschonat, G. 59, 75
 Matthies, H. 25
 Maxwell, G. 38
 Mayer, D. 204
 Mayntz, R. 9, 57
 McClelland, Ch.E. 30

- McLaughlin, P. 110
 Meadows, D. H. 101
 Meadows, D. L. 101
 Meadows, De. 205, 220
 Meadows, Do. 205, 220
 Mehlhorn, A. 162
 Mehra, J. 40
 Mehring, C. 243
 Meier, K. 203
 Meitner, L. 13, 181, 183-184, 194
 Mey, M. de 52
 Meyer, Hg. 203
 Meyer-Abich, K. M. 75, 206
 Meyerhof, O. 178, 183, 189, 195
 Mieg, H. A. 83-84, 87, 92, 94, 96, 98, 110
 Milling, P. 205
 Mitchell, R. B. 70
 Mittelstraß, J. 102, 147-148
 Moede, W. 22
 Moeller, A. 138
 Mohr, A. 75
 Moll, P. 69
 Möller, A. 138
 Möller, R. 139
 Moritz, C. T. 242
 Mudroch, V. 15
 Mukand, J. A. 239, 242
 Müller, H. 162
 Müller, O. 240, 242
 Müller-Rommel, F. 65, 71, 73
 Mulliken, R. S. 155, 160, 168, 173
 Münch, S. 108
 Münchmeyer, H-H. 107-108
 Murswieck, A. 63, 65
 N
 Nude, F. 117
 Naumann, S. 138
 Neubauer, A. 179
 Neuper, C. 241
 Nicolelis, M. A. L. 242
 Nida-Rümelin, J. 112
 Nikitin, E. E. 170
 Nohlen, D. 69
 Nowotny, H. 220
 Nurminen, M. I. 118
 O
 Ochoa, S. 178
 Ohlmeyer, P. 189
 Olf-Nathan, J. 197
 Opp, K.-D. 39
 Oppenheim, P. 38
 Österle, H. 122-123
 Ostwald, W. 26-27, 29
 Oswald, J. 84
 Ötcker, A. 107-108
 P
 Page, B. 114, 127-130, 133-134, 138, 140, 146
 Panic, D. 141
 Parnas, D. L. 116
 Parr, R. G. 159
 Parsons, T. 28
 Parthey, G. 28
 Parthey, H. 16, 19-22, 24-27, 29-30, 33-34, 114-115, 123-124, 149, 167, 199
 Paslack, R. 63
 Pauling, L. C. 155-158, 168-169
 Peitz, M. 25
 Pelz, D. C. 23
 Penn, R. D. 239, 242
 Perel, S. 242, 247
 Perelmouter, J. 241
 Perl, E. 115
 Perlmutter, S. I. 242
 Peschel, M. 107
 Petersdorf, J. 199
 Petri, C. A. 139
 Peyerimhoff, S. D. 162
 Pfetsch, F. R. 15, 25
 Pflüger, J. M. 116
 Pfurtscheller, G. 241
 Philipp II. 28
 Picht, G. 233-234
 Pielke, R. A. Jr. 70, 73
 Pilgrim, J. 149
 Piotrowski, S. 105
 Pistohl, T. 243
 Planck, M. 7, 9, 22, 182-186, 188-189
 Plath, P. 168
 Platon 27
 Platt, G. M. 28
 Pohl, C. 69
 Pohl, R. W. 182, 187-188
 Pople, J. A. 159, 161, 170
 Popper, K. R. 38
 Preuß, H. 162
 Price, D. J. de Solla 199, 202
 Ptolemaios 28
 Pullman, A. 156, 172
 Pullman, B. 172
 Putnam, H. 38
 R
 Radaelli, C. M. 65

- Radermacher, F. J. 151
 Radom, L. 161, 170
 Ramsauer, C. 180, 182
 Rasch, G. 162
 Rauner, F. 85, 94, 98
 Rausch, H. v. 185
 Ravetz, J. R. 218
 Rechenberg, H. 208
 Regener, E. 185
 Rehfeld, D. 63, 65
 Reich, U.-P. 210
 Reinhold, J. 168, 171
 Renn, O. 71-73
 Reschke, H. 213
 Reusch, H. 213
 Richta, R. 205
 Rieder, S. 69
 Ritschl, F. 160, 168
 Rittel, H. 23
 Röbbecke, M. 20, 57
 Röhrs, M. 125
 Rolf, A. 108, 115-118,
 138
 Römmele, A. 63
 Ronge, V. 63
 Roothaan, C. C. J. 159
 Ropohl, G. 102, 111,
 148-149
 Rüegg, W. 28
 Rumer, G. 155
 S
 Sachs, H. 177
 Saleh, M. 239, 242
 Sandkühler, H.-J. 168
 Sarewitz, D. 70, 73
 Sauer, J. 173
 Schaefer, H. F. 161
 Schäfer, W. 235
 Schätzichel, R. 63
 Schermer, M. 240
 Schiemann, L. 141
 Schimank, U. 63-64
 Schirmer, W. 168
 Schläfer, H. L. 157
 Schleyer, P. v. R. 161,
 170
 Schmaltz, F. 178-179,
 196
 Schmidt-Rohr, U. 185,
 187, 189, 194
 Schnackenbeck, T. 141
 Schneider, F. 202
 Schnell, R. 74-75
 Scholz, M. 162, 169
 Scholz, R. W. 83-84
 Schopper, E. 193
 Schrader, G. 179
 Schreiber, K. 16, 34, 123,
 149, 167
 Schreiber, M. 138
 Schröder, W. 101
 Schrödinger, E. 42, 184
 Schultze, R.-O. 69
 Schulze, D. 24, 203
 Schulze-Bonhage, A. 243
 Schütte, R. 108, 116
 Schwartz, A. B. 242, 247
 Schwarz, W. E. H. 158
 Schweber, S. 40
 Scott, P. 220
 Scriven, M. 38
 Segrè, E. 193
 Seim, K. 118
 Seising, R. 201
 Serruya, M. D. 239, 242
 Sham, I. 163
 Shannon, C. 106
 Siefkes, D. 115
 Siemens, W. 29-30
 Simon, D. 10, 20, 57, 63
 Slater, J. 157
 Slater, J. C. 155, 168
 Small, H. 48-51
 Sonntag, Ph. 210
 Spalding, M. C. 242, 247
 Spengler, T. 208, 235
 Spiegel-Rösing, I. S. 204
 Spur, G. 7, 30, 33, 114
 Staab, H. A. 175, 178
 Starcenko, A. A. 24
 States, D. M. 175, 179
 Stauffacher M. 83
 Steck, R. 15, 25
 Steelman, T. 60
 Stegmüller, W. 12-13
 Stehr, N. 52
 Stein, J. 195
 Stein, W. 212
 Steiner, H. 203
 Steinmüller, W. 125
 Stieglitz, T. 242
 Stingl, P. 171
 Stockinger, G. 108
 Stolz, R. 166, 173
 Straßmann, F. 13-14, 194
 Strauss, H. A. 54
 Streich, J. 205
 Streitwieser Jr., A. 159,
 169
 Sucker, U. 203
 Suda, M. 60, 62, 65, 69,
 71, 73
 Syrkin, Ya. K. 156
 Szilard, L. 42
 T
 Tamburrini, G. 240, 249
 Tarassow, L. 42

- Tatevsky, V. M. 158
 Taub, E. 241
 Taube, R. 162
 Tenorth, H. E. 168
 Thompson Klein, J. 84
 Thunert, M. 63, 65
 Timoféef-Ressovsky, N.
 V. 14-15
 Timofeev, I. S. 24
 Tomaschek, R. 182-183
 Trendelenburg, F. 182
 Trinajstic, N. 171
 Triplett, N. 22
 U
 Umstätter, W. 26-27
 Urban, M. 161
 V
 Valk, R. 140
 Van Atta, L. C. 190
 Van de Graaff, R. J. 190
 Van Den Besselaar, P.
 118
 van den Daele, W. 221-
 222, 228, 235
 Van hove, W. 69
 Van Vleck, J. H. 156
 Vaskovics, L. A. 63
 Velliste, M. 242, 247
 Vierhaus, R. 175
 Vogel, U. 127
 Vogt, A. 180, 184
 Vogt, C. 181
 Vogt, O. 181
 Voigt, K. 127-130, 133-
 134, 146
 Volkmer, P. 168, 171
 W
 Wahl, D. 168
 Wahlgren, U. 161
 Wald, G. 178
 Walter, A. I. 83
 Walter, J. 156
 Warburg, O. H. 33, 176,
 178
 Wassermann, A. v. 33
 Watson, J.D. 13-14
 Weber, C. 242
 Weimann, J. 110
 Wein, M. 208
 Weinert, F. E. 232
 Weingart, P. 44-45, 52,
 62-63, 65, 69-70, 73,
 101, 106, 199, 236
 Weingartner, P. 13
 Weiss, B. 197
 Weiss, C. 162, 169
 Weizsäcker, C. C. v. 108
 Weizsäcker, C. F. v. 107-
 108
 Weizsäcker, C. F. von
 201, 205-215, 217-
 220, 224, 228, 230-
 234, 236
 Weizsäcker, E. von 208
 Weltli, M. 84
 Welzer, H. 53
 Wendt, O. 108, 116
 Wenturis, N. 69
 Weygand, F. 195-196
 Wheland, G. W. 156
 Whitford, A. S. 242, 247
 Widok, A. 138
 Wiek, A. 83
 Wiener, A. J. 204
 Wiener, N. 106
 Wiens, W. 186
 Willstätter, R. 178
 Wilson, E. 155
 Wilson, E. B. 169
 Wilson, E. O. 40
 Wingens, M. 60
 Winkler, J. R. 75
 Winnacker, K. 212-213
 Winnacker, W. 216
 Winter, R. 122-123
 Wohland, G. 118
 Wohlfahrt., H. 14
 Wohlgemuth, V. 115,
 125, 127-130, 133-
 134, 141, 143-144,
 146
 Wolf, B. 125
 Wollschitt, H. 190
 Woodward, R. B. 161,
 169, 171
 Woodward, W. R. 24
 Wurster, C. 211
 Y
 Yovits, M. C. 107
 Z
 Zahn, E. 101
 Zahn, E. 205
 Zahradnik, R. 170
 Zander, U. 69
 Zelewski, S. 108, 116
 Zemanek, H. 110
 Zimmer, K. G. 14-15
 Zorn, W. 111
 Zott, R. 29
 Züllicke, L. 154, 160, 168,
 170
 Züllighoven, H. 117
 Zweigert, K. 213

Sachregister

- A**
Absolventenprofil 37
Akademie 27-29
Alexandria 27-28
Arbeitsteilung
- in der Wissenschaft 22
- und Problemstruktur 24
- B**
Bachelorstudium 31, 99, 128-131, 133
Baum
- des Wissens 45
Berufe
- Wissenschaftsbasierte 28
Berufsbildung 94
Bewertung
- von Problemen 12
Bibliometrische Indikatoren 23
Bibliothek 25
- wissenschaftliche 25
Briefwechsel 26
- C**
CERN 57
Computerprogramm 154, 159, 241
- D**
Denken
- interdisziplinäres 16-18, 21-22, 41
Disziplin 74, 76
- Begriff 46
- und Fach 46
- und Spezialgebiet 48
- und Studiengang 97
Disziplinäre Forschungssituation 13, 31, 114
- und universitäre Studiensituation 31
Disziplinäre Grenzen
- und Problem 41
Disziplinäres Denken 16
- und interdisziplinäres Denken 44
Disziplinarität
- in der Wissenschaft 26, 115
Disziplinierung
- beim methodischen Problemlösen 13
Drittmittel
- geförderte Forschung 37
- und interdisziplinäres Forschen 43
- E**
Effektivität
- von Forschungsgruppen 23
Einheit der Wissenschaft 38, 40
- und Reduktionismus 38
Evaluation 81, 84
Experiment 11
- F**
Fach
- und Disziplin 46
Forschendes Lernen 31
Forschung 29-30, 32-33, 74
- durch Drittmittel geförderte 37
- interdisziplinäre 46
- interdisziplinäre Bearbeitung disziplinärer Probleme 17
- interdisziplinäre Bearbeitung disziplinübergreifender Probleme 17
- monodisziplinäre 16
- multidisziplinäre 17, 54
- Ressortforschung 59-64, 66-68, 72-73, 75-80
- Schritte der 74
- und Lehre 29, 102, 109-110, 121, 126, 135-136, 141, 150
- universitäre 76
Forschungshandeln
- interdisziplinäres 20
Forschungsgruppe
- Begriff 23
- ihre Effektivität 23
- monodisziplinär zusammengesetzt 18
- multidisziplinär zusammengesetzt 18, 174
Forschungsinstitut

- interdisziplinäres 195, 197, 200, 212, 214, 236-237
- seine Selbstorganisation 226
- Forschungsleistung 49-51
- Forschungsprogramme
 - interdisziplinäre 53
- Forschungssituation 13, 114-115, 124, 146
 - Begriff 11-12
 - disziplinäre 10, 13, 31, 114
 - Formen 13
 - ihre Institutionalisierung 25
 - Integrität der 13
 - interdisziplinäre 10, 13, 32-33, 35, 102, 115, 119, 121, 126, 136
 - methodologische Struktur 12, 14
 - und Lernsituation 31
 - und Problemsituation 11
- Fraktale Struktur
 - der Wissenschaft 20, 49
- Führungskräfte 89-90
- G**
- Graduiertenkolleg 37
- Grenzüberschreitungen
 - Begriff 47
- Grundlagenforschung 29
- Gruppenanteil
 - persönlicher Interdisziplinarität 24
- Gruppeneffektivität
 - in der Wissenschaft 23
- Gymnasium 27-28
- H**
- Hierarchisches System
 - der Wissenschaft 38
- Hirnforschung 40, 53, 239-249
- Hochschule 32
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 127, 129
- Hochschule Ostwestfalen-Lippe 127, 130
- I**
- Industrieforschung 55
- Informationssystem 99, 108-109, 112-114, 116-118, 122-123, 126, 136, 139, 148, 150
- Institut für Erforschung technologischer Entwicklungslinien 217
- Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft 203
- Institution
 - Freiraum für Wissenschaft 25
 - ihre Formen in der Wissenschaft 27
 - wissenschaftliche 15
- Institutionalisierung
 - eines Studiengang 81
- Institutionalisierung
 - multidisziplinärer Forschung 59
 - transdisziplinärer Forschung 59
- von Forschungssituationen 25
- Integration 175, 195, 224, 243-247
- Integrität 13
 - von Forschungssituationen 13
- Interdisziplinäre Bearbeitung
 - interdisziplinärer Problemfelder 19
- Interdisziplinäre Forschung 46
- Interdisziplinäre Forschungsprogramme 53
- Interdisziplinäre Forschungssituation 9, 11, 13, 32, 102, 115, 119, 121, 126, 136, 153
- Interdisziplinäre Kooperation 82
- Interdisziplinäre Modelle 154, 163
- Interdisziplinären Bearbeitung
 - disziplinärer Problemfelder 19
- Interdisziplinäres Denken 16-18, 21-22, 41
 - und disziplinäres Denken 44
- Interdisziplinäres Forschen
 - und Drittmittel 43
- Interdisziplinäres Forschungsinstitut 195, 197, 200, 212, 214, 236-237

- Interdisziplinarität
 13, 20, 55, 81,
 100-101, 168,
 173-174, 199,
 214, 236
 - Begriff 45, 47, 49,
 53
 - horizontale 34,
 124
 - in der Wissenschaft
 119
 - opportunistische 43
 - Paradoxie des Spre-
 chens über 43
 - persönliche 16-18,
 22
 - schwache 46
 - starke 46
 - und Koautorschaft
 15
 - und Transdiszipli-
 narität 147
 - und Transdiszipli-
 narität 146
 - vertikale 34, 123
 - von Problem und
 Methode 20-21,
 166, 168, 170-173
- Internalisierung 93
- ITER 57
- K**
- Kaiser-Wilhelm-Ge-
 sellschaft 30, 32-
 34
- Kaiser-Wilhelm-Insti-
 tut für Biochemie
 34
- Kaiser-Wilhelm-Insti-
 tut für Biologie
- 175
- Kaiser-Wilhelm-Insti-
 tut für Chemie 14,
 30, 175, 194
- Kaiser-Wilhelm-Insti-
 tut für experimen-
 telle Therapie 33,
 176
- Kaiser-Wilhelm-Insti-
 tut für Hirnfor-
 schung 14
- Kaiser-Wilhelm-Insti-
 tut für Medizin-
 sche Forschung
 177-184, 187,
 189-190, 193,
 195, 197
- Kaiser-Wilhelm-Insti-
 tut für Physik 186
- Kaiser-Wilhelm-Insti-
 tuts für physikali-
 sche Chemie und
 Elektrochemie 30
- Klassifikation
 - der Wissenschaften
 45
- Klimaforschung 57,
 97, 126, 141, 143,
 145
- Koautorschaft 15
 - Surrogatmaß für
 Interdisziplinarität
 15
 - und Interdiszipli-
 narität 15
- Kognitionswissen-
 schaften 52-53
- L**
- Lehre
 - und Forschung 29,
 102, 109-110,
 121, 126, 135-
 136, 141, 150
- Lernsituation
 - und Forschungssi-
 tuation 31
- Leuphana Universität
 von Lüneburg 127,
 129
- Lykeion 28
- M**
- Masterstudium 31,
 128-129, 131,
 133-135
- Max-Planck-Gesell-
 schaft 30, 32
- Max-Planck-Institut
 für Kernphysik
 197
- Max-Planck-Institut
 für medizinische
 Forschung 197
- Max-Planck-Institut
 zur Erforschung
 der Lebensbedin-
 gungen der wissen-
 schaftlich-
 technischen Welt
 54, 210, 217, 236
- Methodengefüge 11
 - und Problemfeld
 11, 114, 166, 170-
 173
- Modell
 - interdisziplinäres
 154, 163
- Molekularbiologie
 14-15

- Multidisziplinäre Forschung 54
- Multidisziplinarität 20
- Multidiziplinäre Forschung
- ihre Institutionalisierung 59
- Museon 28
- N**
- Nachhaltigkeit 82, 89-91, 95
- Nachwuchs
- Rekrutierung des 52
- Netzwerk 93
- von Personen 49
- Neurotechnologie 239, 241, 244, 248
- Neurowissenschaft 239
- O**
- Opportunistische Interdisziplinarität 43
- Organisationsinformatik 118
- P**
- Paradoxie
- des Sprechens über Interdisziplinarität 43
- Patent 32
- Personaletat
- und Sachetat 33
- Persönliche Interdisziplinarität 16-18, 21-22, 41
- ihr Anteil in der Gruppe 24
- Physikalisch-Technische Reichsanstalt 29-30, 184
- Politikberatung
- wissenschaftsbasierte 59-73, 75, 77-80
- Problem 11
- Merkmale 11
- und Aufgabe 11
- und disziplinäre Grenzen 41
- Problemfeld
- disziplinäres 19
- und Methodengefüge 11, 114, 166, 170-173
- Problemrelevanz 12
- Problemsituation
- und Forschungssituation 11
- Problemstruktur 23
- und Arbeitsteilung 24
- Profession 84, 98
- außeruniversitäre 81
- Begriff 94
- Promotion 31
- Publikation 76
- in der Wissenschaft 23
- Publikationsrate
- und Verfügbarkeit 19
- Q**
- Quantenchemie 153-158, 160-163, 166-174
- R**
- Rätsel
- disziplinär definierte 43
- Rechenverfahren
- interdisziplinäre 154, 163
- Reduktionismus 40
- Redundanz 26
- Rekrutierung
- des Nachwuchses 52
- Ressortforschung 59-64, 66-68, 72-73, 75-80
- Begriff 74
- und außeruniversitäre Forschung 76
- und universitäre Forschung 76
- S**
- Sachetat
- und Personaletat 33
- Segregation 175
- Selbstorganisation
- des Forschungsinstituts 226
- Sonderforschungsbereich 37
- Spezialgebiet 20
- und Disziplin 48
- Spezialisierung
- der Wissenschaft 38
- Standardisierung 94
- Standards 94
- Studiengang

- seine Institutionalisierung 81
- und Disziplin 97
- Studiensituation
- universitäre 31
- Surrogatmaß 20
- T**
- Transdisziplinäre Forschung
- ihre Institutionalisierung 59
- Transdisziplinarität
 - 10, 40, 42, 55-56, 60-61, 74, 76-77, 84, 102, 104, 107, 111, 124, 146-149
- und Interdisziplinarität 146-147
- U**
- Umweltforschung 20, 99-102, 104, 109-110, 114, 119, 126, 138, 146, 149-150
- Umweltinformatik
 - 99-100, 102, 104, 110-115, 120, 122, 124-131, 134-136, 138-140, 143, 146, 149-150
- Umweltnaturwissenschaften 81-87, 89, 91-92, 94-97
- Universitäre Studiensituation
- und disziplinäre Forschungssituation 31
- Universität 28-29
- Universität von Bayreuth 127-128
- Universität von Göttingen 127
- Universität von Oldenburg 127, 130
- V**
- Verfügbarkeit 11-12
 - an Voraussetzungen zur Problembearbeitung 12
 - über eine Theorie 12
 - und Publikationsrate 19
 - von Voraussetzungen zur Problembearbeitung 13
- W**
- Weiterqualifikation
 - in außeruniversitären Institutionen 57
- Wissen
 - Baum des 45
 - begründete Information 11
 - natürliche Ordnung des 45
- Wissenschaft
 - Arbeitsteilung in der 22
 - Disziplinarität in der 26
 - Einheit der 38, 40
 - Formen ihrer Institutionalisierung 27
 - fraktale Struktur der 20, 49
- Gruppeneffektivität in der 23
- hierarchisches System der 38
- Institution als Freiraum für 25
- Klassifikation der 45
- Kulturen in der 47
- normale 12
- Publikation in der 23
- Spezialisierung der 38
- Zeitschrift in der 27
- Wissenschaftsbasierte
 - Berufe 28
 - Politikberatung 59-73, 75, 77-80
- Wissenschaftsdisziplin 9-10, 26
 - Zeitschrift als Bibliothek der 26
- Wissenschaftsforschung 199-200, 202, 204, 220, 234-235
- Wissenschaftsinstitutionen 27-28
- Wissenschaftskulturen 47
 - inkompatible 47
- Wissenschaftsrat 31
- Wissenschaftstheorie
 - Spezialgebiete der 48
- Wissengesellschaft 94

Wissenssituation

- von Personen 13

Z

Zeitschrift

- Bibliothek der
Wissenschaftsdis-
ziplin 26

- disziplinäre Struk-
tur 26

- in der Wissenschaft
27

Zentrum für Antise-

mitismusfor-

schung der

Technische Uni-
versität Berlin 54

Zitieren 26

Zivilgesellschaft 93,
97

Jahrbücher Wissenschaftsforschung

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1994/95.

Hrsg. v. Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Jutta Petersdorf. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Günter Hartung, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Renate Müller, Heinrich Parthey u. Manfred Wölfling. Marburg: BdWi – Verlag 1996. 306 Seiten (ISBN 3-924684-49-6) 20,00 EURO

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97.

Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Claudia Hermann, Gunter Kayser, Karlheinz Lüdtke, Werner Meske, Heinrich Parthey, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Regine Zott. Marburg: BdWi – Verlag 1998. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 254 Seiten.

Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Wolfgang Stock, Walther Umstätter, Roland Wagner-Döbler, Petra Werner u. Regine Zott. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 368 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1999.

Hrsg. v. Siegfried Greif u. Manfred Wölfling. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Hans-Eduard Hauser, Frank Havemann, Gunter Kayser, Andrea Scharnhorst, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Janos Wolf. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 227 Seiten.

Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Christian Dame, Klaus Fuchs-Kittowski, Frank Havemann, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für

Wissenschaftsforschung 2001. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 239 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann, Manfred Bonitz, Werner Ebeling, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Horst Kant, Matthias Kölbel, Rüdiger Marquardt, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Tankred Schewe, Günter Spur u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. 231 Seiten (ISBN 3-934682-35-9) 15,80 EURO

Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Horst Kant, Alice Keller, Matthias Kölbel, Heinrich Parthey, Diann Rusch-Feja, Andrea Scharnhorst, Uta Siebeky, Walther Umstätter u. Regine Zott. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. 224 Seiten (ISBN 3-934682-36-7) 15,80 EURO

Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003.

Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann, Manfred Bonitz, Klaus Fischer, Siegfried Greif, Frank Havemann, Marina Hennig, Heinrich Parthey, Dagmar Simon u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. 244 Seiten (ISBN 3-934682-37-5) 15,80 EURO

Wissensmanagement in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2004.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Vladimir Bodrow, Klaus Fuchs-Kittowski, Jay Hauben, Matthias Kölbel, Peter Mambrey, Erhard Nullmeier, Walther Umstätter, Rose Vogel u. Sven Wippermann. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008 (vergriffen). 198 Seiten.

Gesellschaftliche Integrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005.

Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Jens Clausen, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Klaus Kornwachs, Reinhard Mocek, Heinrich Parthey, André Rosenthal, Hans A. Rosenthal, Günter Spur u. Rüdiger

ger Wink. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. 242 Seiten (ISBN 3-934682-40-5) 15,80 EURO

Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Mit Beiträgen von Gerhard Banse, Klaus Fischer, Siegfried Greif, Klaus Fuchs-Kittowski, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Frankfurt am Main-Berlin-Bern-Bruxelles-New York-Oxford-Wien: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007. 248 Seiten (ISBN 3-631-55523-7) 39,80 EURO

Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007.

Hrsg. v. Frank Havemann, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Bettina Berendt, Stefan Gradmann, Frank Havemann, Andrea Kaufmann, Philipp Mayr, Heinrich Parthey, Wolf Jürgen Richter, Peter Schirmbacher, Uta Siebecky, Walther Umstätter u. Rubina Vock. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. 296 Seiten (ISBN 978-3-934682-43-6) 15,80 EURO

Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008.

Hrsg. v. Werner Ebeling u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Werner Ebeling, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Jochen Gläser, Frank Havemann, Michael Heinz, Karlheinz Lüdtke, Oliver Mitesser, Heinrich Parthey und Andrea Scharnhorst. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. 285 Seiten (ISBN 978-3-86573-454-9) 38,00 EURO

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2009.

Hrsg. v. Heinrich Parthey, Günter Spur und Rüdiger Wink. Mit Beiträgen von Ulrich Busch, Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur, Walther Umstätter und Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2010. 233 Seiten (ISBN 978-3-86573-416-4) - 32,00 EURO

Jahrbücher Wissenschaftsforschung im Internet:

www.wissenschaftsforschung.de

www.sciencestudies.eu

