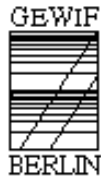

**Wissenschaft und Innovation:
Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2001**

Herausgegeben von Heinrich Parthey und Günter Spur

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Heinrich Parthey,
Günter Spur (Hrsg.)

**Wissenschaft
und
Innovation**

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2001

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 • Walther Umstätter*

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch **2001**

Wissenschaft und Innovation:

Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001 / Heinrich Parthey; Günter Spur (Hrsg.). Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann ... - Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede kommerzielle Verwertung ohne schriftliche Genehmigung des Verlages ist unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in Systeme(n) der elektronischen Datenverarbeitung.

© Gesellschaft für Wissenschaftsforschung,
1. Auflage 2002
Alle Rechte vorbehalten.

Verlag:
Gesellschaft für Wissenschaftsforschung
c/o Prof. Dr. Walther Umstätter, Institut für
Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität zu
Berlin, Dorotheenstr. 26, D-10099 Berlin

Druck: BOOKS on DEMAND GmbH,
Gutenbergring, D-22848 Norderstedt

ISBN 3-934682-35-9

Preis 15,80 €

Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	7
HEINRICH PARTHEY	
<i>Formen von Institutionen der Wissenschaft und ihre Finanzierbarkeit durch Innovation</i>	9
GÜNTER SPUR	
<i>Wandel der Forschung in einer wissenschaftsintegrierten Wirtschaft</i>	41
WERNER EBELING & ANDREA SCHARNHORST	
<i>Technische Evolution aus der Sicht der Theorie der Selbstorganisation</i>	59
CHRISTOPH GRENZMANN & RÜDIGER MARQUARDT	
<i>Wirtschaft und Wissenschaft. Statistische Grundlagen zu Forschung, Entwicklung und Wissenschaftsförderung</i>	75
MANFRED BONITZ & ANDREA SCHARNHORST	
<i>Wissenschaft und Ökonomie - wissenschaftsmetrische Bemerkungen</i>	85
SIEGFRIED GREIF	
<i>Erfindungen als Gegenstand von Kooperationen in Forschung und Innovation</i> ...	97
MATTHIAS KÖLBEL	
<i>Das Wachstum der Wissenschaft in Deutschland 1650-2000</i>	113
HORST KANT	
<i>Aus den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierte Wirtschaft - Hermann Helmholtz, Werner Siemens und andere</i>	129
WOLFGANG BIEDERMANN	
<i>Zur Finanzierung der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Mitte der 20er bis zur Mitte der 40er Jahre des 20. Jahrhunderts</i>	143
WALTHER UMSTÄTTER	
<i>Knowledge Acquisition - Wissenserwerb</i>	173
KLAUS FUCHS-KITTOWSKI & TANKRED SCHEWE	
<i>Informationsverarbeitung, -recherche und -erzeugung in den Biowissenschaften</i> ..	185

<i>Autorinnen und Autoren</i>	221
<i>Namensregister</i>	223
<i>Sachregister</i>	227

Vorwort

Innovationen bilden in gesamtwirtschaftlicher Perspektive den Kern des technischen Fortschritts. Wissenschaftliche Arbeit im Bereich der Hochtechnologie benötigt Förderung durch Investitionen und die Verfügbarkeit eines hervorragend ausgebildeten Nachwuchses. Mit zunehmender Refinanzierung der Wissenschaft durch die Innovationskraft der Wirtschaft kann es einen Wandel der Forschung in einer wissenschaftsintegrierten Wirtschaft geben. Der Druck des internationalen Forschungswettbewerbs gibt dem Industrie- und Technologiestandort Deutschland keinen Zeitaufschub für den notwendigen Anpassungsprozess. Die Verbesserung der Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit der Unternehmen wird in Chancen gesehen, die sich aus der engeren Kooperation von Wirtschaft und Wissenschaft ergeben. Ein solcher Wandel verändert die gesellschaftliche Position der Wissenschaften und fordert zu Fragen nach neuen Strukturen des Wissenschaftssystems heraus.

Untersuchungen über diesen grundlegenden Vorgang neuerer Wissenschaftsentwicklung sind ein wichtiges Anliegen der Wissenschaftsforschung. Die Gesellschaft für Wissenschaftsforschung hat sich dieser Fragestellung angenommen und sie im Rahmen ihrer Jahrestagung im Produktionstechnischen Zentrum der Technischen Universität Berlin am 30. und 31. März 2001 unter dem Thema „Wissenschaft und Innovation“ 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.

Berlin, im März 2002

Heinrich Parthey Günter Spur

HEINRICH PARTHEY

Formen von Institutionen der Wissenschaft und ihre Finanzierbarkeit durch Innovation

Der Wandel der Wissenschaft folgt der Entwicklung von Problemfeldern und Methodengefügen. Dabei werden tatsächliche - und nicht nur denkbare - Forschungssituationen mit ausreichender Verfügbarkeit von Wissen und Gerät zur weiteren Erkenntnisproduktion geschaffen. Die Gestaltung von Forschungssituationen hat im Verlauf des 20. Jahrhunderts zu Anforderungen an die Finanzierbarkeit der Wissenschaft geführt, die es nahe legen „in bezug auf die Verfügbarkeit von Ressourcen für die wissenschaftliche Arbeit eine Situation vorzusehen, in der sich nichts mehr bewegt.“¹ Eine Chance, die dem entgegenwirken könnte, wäre eine Refinanzierung der Aufwendungen für Forschung und Entwicklung durch Innovationen, wenn unter Innovation nur die neue Technik verstanden wird, die - am Markt erstmalig eingeführt - einen über die Fertigungsaufwendungen hinausgehenden Extragewinn mindestens in einer solchen Höhe realisieren lässt, das alle vor der Fertigung liegenden Aufwendungen für das Zustandekommen der neuen Technik zurückerstattet werden.²

Ob diese Chance für die Wissenschaft ihrem Wandel entspricht oder einen weiteren hervorruft, ist zu diskutieren. Dieses Problem hatte sich bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts gestellt und wurde von Adolf von Harnack, dem Gründer und ersten Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft wie folgt formuliert: „Die Wissenschaft geht zur Zeit mit dem Klingelbeutel im Lande umher. Das fordert Abhilfe. Aber sie kann nur so erfolgen, dass aus der Not eine Tugend gemacht wird, und vielleicht entspringt ein ganzer Chor von Tugenden, der sogar noch das alte Wesen verändert.“³

- 1 Rescher, N., *Wissenschaftlicher Fortschritt. Eine Studie über die Ökonomie der Forschung.* Berlin - New York: de Gruyter 1982. S. 76.
- 2 Siehe: Parthey, H., *Entdeckung, Erfindung und Innovation.* - In: *Das Neue. Seine Entstehung und Aufnahme in Natur und Gesellschaft.* Hrsg. v. Heinrich Parthey. Berlin: Akademie-Verlag 1990. S. 97 - 148; Parthey, H., *Wissenschaft und Innovation.* - In: *Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97.* Hrsg. v. S. Greif / H. Laitko / H. Parthey. Marburg: BdWi -Verlag 1998. S. 9 - 32.
- 3 *50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente.* Hrsg. v. Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Göttingen 1961. S. 95.

Damit werden die alten Fragen nach Erhalt und Veränderung sowohl von Kriterien der Wissenschaftlichkeit als auch der methodologischen Struktur der Forschungsleistung und Forschungssituation aufgeworfen. Mit zunehmender Refinanzierung der Wissenschaft durch die Innovationskraft der Wirtschaft kann es einen Wandel der Forschung in einer wissenschaftsintegrierten Wirtschaft geben, die nicht jeden neuen Wissensbereich zur Disziplin verfestigt, jedoch, wie Peter Weingart in dieser Diskussion feststellt, „jeder Misserfolg ebenso wie jede Anfechtung erzwingen Wahrheitsbeweise. Die gibt es in modernen und selbst in postmodernen Gesellschaften nur durch die Wissenschaft.“⁴ So wird die institutionalisierte Wissenschaft ihre Funktion als publiziertes methodisches Problemlösen⁵ einschließlich der Wahrheitsfindung im Sinne der Feststellung behaupteter Sachverhalte zu sichern haben.

Unsere Überlegungen thematisieren erstens den Wandel der Wissenschaft und ihrer Institutionen, zweitens die Chancen zur Erstattung der Aufwendungen für Wissenschaft durch Innovation im 20. Jahrhundert und drittens die gleichsinnige Korrelation zwischen Patentaktivität und Export-Import-Relation als Indikator für eine zunehmende Erstattung von Wissenschaftsaufwendungen durch Innovation.

1. *Wandel der Wissenschaft und ihrer Institutionen*

Wenn es, wie die angeführte Diskussion seit Beginn des 20. Jahrhunderts zu dieser Frage zeigt, mit sich ermöglichender Finanzierbarkeit von Wissenschaft durch die Innovationskraft der Wirtschaft auch ein Wandel der Forschung in einer wissenschaftsintegrierten Wirtschaft andeutet⁶, die unter Umständen nicht jeden neuen Wissensbereich zur lehrbaren Disziplin verfestigt, dann möchten wir als Invariante der Wissensproduktion auch im 20. Jahrhundert auf die methodologische Struktur von Forschungsleistung (vgl. Abbildung 1) und Forschungssituation (vgl. Abbildung 2) verweisen, mit einer stärkeren Ausprägung von interdisziplinären Forschungssituationen und ihrer Institutionalisierung als in den Jahrhunderten früher.

4 Weingart, P., *Die Stunde der Wahrheit. Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und Medien in der Wissensgesellschaft*. Weilerswist: Velbrück Verlag 2001. S. 341.

5 Parthey, H., *Publikation und Bibliothek in der Wissenschaft*. - In: *Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998*. Hrsg. v. K. Fuchs-Kittowski / H. Laitko / H. Parthey / W. Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. S. 67 - 89.

6 Spur, G., *Wandel der Forschung in einer wissenschaftsintegrierten Wirtschaft*. In diesem Jahrbuch.

1.1. *Methodologische Struktur der Forschungsleistung*

In der Wissenschaft ist Phantasie die am frühesten und weitesten entwickelte Eigenschaft, deren Entwicklung zur großen Leistung darin besteht, dass sie - wie es Wilhelm Ostwald anhand von Untersuchungen der Arbeitsweise bedeutender Forscher formulierte – „auf Grund weiterer und tieferer Erfahrungen diszipliniert wird“⁷. Damit ist ein Grundproblem wissenschaftlichen Erkennens angesprochen: die Phantasie von Forschern muss Kriterien der Wissenschaftlichkeit genügen, wenn wissenschaftlicher Erkenntnisfortschritt erreicht werden soll.

Die Kriterien der Wissenschaftlichkeit können in drei Klassen eingeteilt werden:

1. Kriterien zur Feststellung der Wahrheit von Beschreibungen. Wahrheit kommt einer Behauptung zu, wenn der behauptete Sachverhalt existiert. Existiert der behauptete Sachverhalt nicht, dann ist die Behauptung auch nicht wahr sondern falsch. Diese Eigenschaft „wahr oder falsch“ aufgrund der Existenz oder Nichtexistenz behaupteter Sachverhalte kommt einer Behauptung objektiv zu, sobald sie aufgestellt worden ist. Charakteristisch für wissenschaftliche Aussagen ist, dass sie bei der Aufstellung und bei der Prüfung eines Systems von Aussagen verwendet und gewonnen werden, das in seiner Gesamtheit Gesetzmäßigkeiten eines Bereiches der Wirklichkeit erfasst. In all den Fällen, in denen der Wahrheitswert der Aussagen, die Folgerungen aus wissenschaftlichen Hypothesen und Theorien entsprechen, nicht direkt durch bloße Beobachtung festgestellt werden kann, ergibt sich die Notwendigkeit, Experimente durchzuführen. Die Durchführung von Experimenten ist nur ein Schritt in der experimentellen Methode. Ihm geht voraus, dass Folgerungen aus der zu überprüfenden Theorie bzw. Hypothese gezogen werden. Der Durchführung eines Experimentes folgt die Deutung experimenteller Ergebnisse in bezug auf die Hypothese nach. Der Bestätigungsgrad von Theorien ist ein Ergebnis der Beachtung dieser Klasse von Kriterien der Wissenschaftlichkeit.
2. Kriterien zur Sicherung der Erkenntnisfunktion des Erklärens von Ereignissen. Dabei müssen die zu erklärenden Ereignisse bereits wahr beschrieben sein, sonst wüsste man nicht, was erklärt werden soll. Zur Erklärung eines wahr beschriebenen Ereignisses werden Aussagen über Ausgangs- und Randbedingungen des Ereignisses benötigt sowie mindestens eine Gesetzesaussage über den Wirklichkeitsbereich, in dem das zu erklärende Ereignis auftritt. Wenn es möglich ist, aus diesen genannten Aussagen die das zu erklärende Ereignis wahr beschreibenden Behauptungen aussagenlogisch zwingend abzu-

7 Ostwald, W., Große Männer, Leipzig 1909. S. 47.

leiten, dann liegt eine wissenschaftliche Erklärung vor. Ergibt die Berücksichtigung aller bereits vorhandenen Gesetzes- und Bedingungsansagen, dass sie nicht ausreichen, um aus ihnen Aussagen abzuleiten, die den zu erklärenden Sachverhalt beschreiben, dann liegt ein Erklärungsproblem vor. Der Analyse des gestellten Erklärungsproblems, insbesondere der Charakterisierung der zur Lösung noch fehlenden Gesetzes- und Bedingungsansagen, deren Gesamtheit zur Erklärung als sogenanntes Explanans herangezogen werden kann, folgt das Konzipieren und Aufstellen der zur Auflösung des Erklärungsproblems fehlenden Aussagen. Auf diese Weise kann die Bildung erklärender Hypothesen als schöpferischer Vorgang mit konstruktivem Charakter aufgefasst werden, in dessen Verlauf sich der Übergang von einem Satzsystem, das ein Problem bedeutet, zu einem Satzsystem, das eine Hypothese bedeutet, vollzieht. Beschreibung und Erklärung sind zwei grundlegende Ziele einer jeden Forschung, wobei die gewonnene Erklärungskraft einer Theorie von praktisch weitreichender Bedeutung ist, können doch aus einer gut überprüften Erklärung konstruktive Vorschläge zur Veränderung der Natur und Gesellschaft hervorgehen, die zu veränderten technischen bzw. gesellschaftlichen Möglichkeiten menschlichen Lebens führen.

3. Kriterien zur Sicherung der weiterführenden Problematisierung, nach denen sich vor allem die Frage stellt, ob eine vorgeschlagene Lösungsvariante gleichzeitig zu neuen Forschungsproblemen führt (progressive Problemverschiebung) oder ob eine Hypothese lediglich Probleme auflöst ohne weitere aufzuwerfen (degenerative Problemverschiebung).⁸ Neben Beschreibungen und Erklärungen besteht ein weiteres Ziel der Forschung demnach auch in der Sicherung weiterer gedanklicher Ausgangspunkte zukünftiger Forschung, d. h. in der Entwicklung neuer Problemfelder der Forschung. Eine Unterschätzung dieser notwendigen Bedingung weiterer Forschung kann zu tiefgreifenden Deformationen in wissenschaftlichen Lehr- und Forschungseinrichtungen führen.

In der Reihenfolge der genannten Kriterien der Wissenschaftlichkeit kommt auch eine gewisse Rangfolge zum Ausdruck: in jedem Fall hat die Phantasie der erstgenannten Klasse von Kriterien der Wahrheitsfindung zu genügen. Dabei hat es im Verlauf der Wissenschaftsentwicklung in dieser Klasse von Kriterien der Wahrheitsfindung selbst eine beachtliche Veränderung ergeben: In der griechischen Begründung der Wissenschaft wurde das Experiment zur Wahrheitsfindung abgelehnt und nur die bloße Beobachtung zur Feststellung behaupteter

⁸ Lakatos, I., Popper zum Abgrenzungs- und Induktionsproblem. - In: Neue Aspekte der Wissenschaftstheorie. Hrsg. v. H. Lenk. Braunschweig 1971. S. 75 - 128.

Sachverhalte akzeptiert. Erst für Galileo Galilei (1564-1642), dem Begründer der Methodologie der modernen Naturwissenschaft, hatte das reale Experiment im Unterschied zum Gedankenexperiment die Funktion, die mit Phantasie auf intuitiv-spekulative Weise gewonnene Einsicht in das Wesen eines Naturzusammenhanges zu verifizieren und so einer Hypothese Gesetzescharakter zu verleihen.⁹

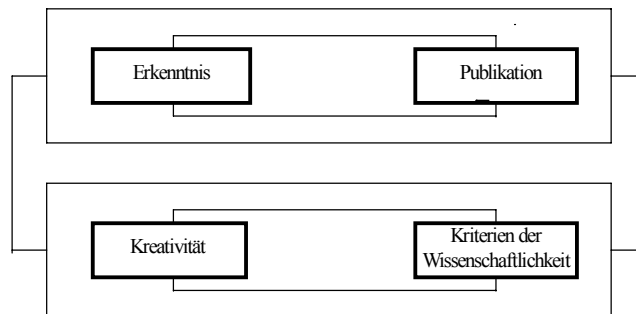
Ebenso hat die zweitgenannte Klasse von Kriterien der Wissenschaftlichkeit im Verlauf der Wissenschaftsentwicklung eine zunehmende Präzisierung und Verschärfung der Kriterien für die Bildung, Struktur und Funktion von erklärenden Theorien erfahren. Wissenschaftliche Erkenntnisse ergeben sich in jedem Fall, wenn die Phantasie von Forschern den Kriterien der Wissenschaftlichkeit genügt. Die Wissenschaft ist nun zur Objektivierung von Erkenntnis auf die Reproduktion ihrer Erstgewinnung angewiesen. Dies schließt aber auch die Wiederholbarkeit an anderen Ort und zu anderer Zeit durch andere wissenschaftlich Tätige ein, was schriftlicher Dokumente bedarf, deren Leser die Erkenntnisproduktion nachvollziehen können. Mit anderen Worten: Wissenschaft kommt ohne einen schriftlichen Bericht über die Entstehung von Neuem nicht aus.¹⁰ Wissenschaftliche Texte dienen nicht nur der wissenschaftlichen Kommunikation, sondern sind erforderlich zur Nachvollzieh- und Wiederholbarkeit der stets zuerst subjektiven Entdeckungen und Erfindungen durch andere wissenschaftlich Tätige. Wir möchten betonen, dass Publikationen in der Wissenschaft eine Funktion erhalten haben, die einmal herausgebildet, bestehen bleiben wird. Es geht dabei 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 Reproduzierbares gestattet, wodurch die Entpersonifizierung des Neuen in der Wissenschaft gesichert wird. Ohne auf ein schriftliches Dokument zurückgreifen zu können, das die Entstehung des Neuen nachvollziehbar beschreibt, hätten außer den Schöpfern des Neuen keine anderen Wissenschaftler je eine Chance, das Neue nachzuvollziehen und auf seine Wahrheit hin zu überprüfen. Jeder, der neues Wissen in methodischer Bearbeitung eines Problems erzeugt hat, steht bekanntlich vor der Schwierigkeit, seine kreative Leistung in einem auch für andere les- und verstehbaren Dokument so darzustellen, damit andere Wissenschaftler das vom Autor neu Gefundene auch methodisch nachvollziehen können. Darin besteht die grundsätzliche Funktion der Publikation in der Wissenschaft. Damit

9 Parthey, H. / Wahl, D., Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1966.

10 Parthey, H., Publikation und Bibliothek in der Wissenschaft. - In: Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998. Hrsg. v. K. Fuchs-Kittowski / H. Laitko / H. Parthey / W. Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. S. 67 - 89.

thematisieren wir erstens die Nachvollzieh- und Wiederholbarkeit wissenschaftlicher Erkenntnis als Kriterien für die Funktion wissenschaftlicher Publikationen und zweitens die Verfügbarkeit von Wissen in Forschungssituationen als Kriterium für die Funktion wissenschaftlicher Bibliotheken.

Abbildung 1: *Methodologische Struktur der Forschungsleistung.*



1.2. *Methodologische Struktur der Forschungssituation*

Wissenschaft entwickelt sich durch theoretisches Denken und experimentelle Tätigkeit, indem Forscher Erkenntnisprobleme mittels Wissen und Geräten methodisch lösen. Jedes Problem ist ein Wissen über Situationen in der geistigen oder 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 Differenzierung zwischen Problem und Aufgabe wird auch in neueren Arbeiten wieder aufgegriffen und für die Modellierungsmethodologie fruchtbar gemacht.¹¹

Beim wissenschaftlichen Problem sind die Fragen durch das vorhandene Wissen begründet, aber nicht beantwortet. Ein Problem löst sich in dem Maße auf,

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

wie neue Informationen, neues Wissen als verstandene, 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 herausgearbeiteten 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 Verfügbarkeit ideeller und materieller Mittel zur Problembearbeitung und zum anderen die Erkenntnis- und Gesellschaftsrelevanz von Forschungsproblemen. 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 gerätemäßigen Voraussetzungen zur Problembearbeitung.

Ende der siebziger Jahre unternahm W. Stegmüller den Versuch, in Auseinandersetzung mit Thomas Kuhn,¹² den Begriff der normalen Wissenschaft mit Hilfe des Begriffs des Verfügens über eine Theorie zu präzisieren.¹³ Der von uns verwendete Begriff der Verfügbarkeit an wissens- und gerätemäßigen Voraussetzungen zur Problembearbeitung¹⁴ (einschließlich der Software als vergegenständ-

12 Kuhn, Th., Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1976.

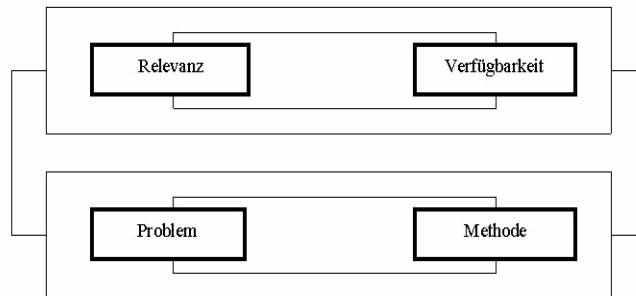
13 Stegmüller, W., Rationale Rekonstruktion von Wissenschaft und ihrem Wandel. Stuttgart 1979.

14 Parthey, H., Problemsituation und Forschungssituation in der Entwicklung der Wissenschaft. – In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie (Berlin). 28(1981)2, S. 177.

lichte Methodologie) ist wesentlich umfassender als der des Verfügens über Theorie, schließt er doch auch die praktische Machbarkeit in der Forschung ein.

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 Relevanz der jeweiligen Problemstellung und nach dem Grad der tatsächlichen Verfügbarkeit von Voraussetzungen zur Bearbeitung des jeweiligen Problems unterschieden werden. Damit wird für die Analyse der wissenschaftlichen Institutionen ein Bezugsrahmen gesetzt, in dem die Ausprägung verschiedener Formen von Systemen der Kommunikation und Information zwischen den Wissenschaftlern gedeutet werden kann.

Abbildung 2: *Methodologische Struktur der Forschungssituation.*



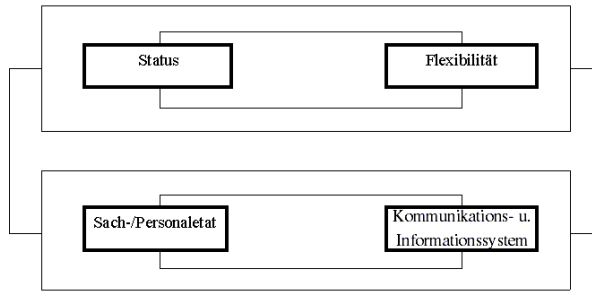
1.3. *Entwicklung wissenschaftlicher Institutionen*

1.3.1. *Struktur und Funktion wissenschaftlicher Institutionen*

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 Sachmitteletat, und mit einem institutseigenen System von Information, Kommunikation und Bibliothek geschaffen. Um attraktiv zu sein, muss die wissenschaftliche Institution dem Forscher einen entsprechenden Status sichern und selbst so flexibel sein, dass sie der Dynamik des modernen Wissenschaftsbetriebes gewachsen ist (vgl. Abbildung 3).

Seit dem Entstehen von Wissenschaft führt das ihr eigene fortgesetzte Problematisieren zu Konflikten mit der Öffentlichkeit, berührt es doch oft Tabus einer Gesellschaft, ohne die eine Gesellschaft so wie sie ist, schwerlich existieren kann. Dieser Sachverhalt kann im Folgenden nur exemplarisch für den Beginn der Wis-

Abbildung 3: Funktionale Elemente wissenschaftlicher Institutionen.



senschaft und für die Herausbildung der wissenschaftsbasierter Industriezweige erörtert werden.

Was den Beginn der griechischen Wissenschaft betrifft, so finden sich in den Verteidigungsreden des Sokrates (470-399), die sein Schüler Platon (427-347) im Jahre 399 v. u. Z. niederschrieb, Angaben darüber, dass ihm Jugendliche folgten, „freiwillig, und freuen sich zu hören, wie die Menschen untersucht werden; oft auch tun sie mir nach und versuchen selbst Andere zu untersuchen, und finden dann, glaube ich, eine große Menge solcher Menschen, welche zwar glauben etwas zu wissen, wissen aber wenig oder nichts. Deshalb zürnen die von ihnen Untersuchten mir und sagen, Sokrates ist doch ein ganz ruchloser Mensch und verderbt die Jünglinge.“¹⁵ Damals war Sokrates angeklagt worden, die demokratische Ordnung durch Verbreitung jugendverführender Lehren zu stören. Er war in den Fragen von Recht, Macht und Wahrheit in Konflikt mit dem Maß der herrschenden Gesellschaft gekommen – und musste diesen Konflikt mit dem Todesurteil und dem Schierlingsbecher büßen. Der Prozess gegen Sokrates war eine Verfolgung von Problematisieren, von Rede- und Gedankenfreiheit. Sokrates war ein Aufklärer und sein Gegenstand der Mensch, den er mit Disputierkunst zur Selbstbesinnung führen wollte. Das Wissen über das Nichtwissen gehört zu dem von ihm geübten methodischen Prinzip seiner „geistigen Hebammendienste“ (Mäeutik), die er seine Gesprächspartnern bei der Wahrheitsfindung leisten wollte. Und wie Sokrates damit den einzelnen irritierte, wenn er die tatsächliche Unwissenheit hinter dem eingebildeten Wissen bloßlegte, so verärgerte er Hüter von Gesetz und Ordnung, wenn er, ohne Gegner von Demokratie zusein, doch dau-

15 Platon, Des Sokrates Verteidigung. – In: Platons Werke (von F. Schleiermacher). Band I.2. Berlin: Akademie-Verlag 1985. S. 137.

ernnd die Kluft zwischen idealen Anspruch und tatsächlicher Leistung transparent machte. So schien er das verkörperte schlechte Gewissen der Athener. Nun aber ist Problematisieren bei den antiken Philosophen, wie Platon¹⁶ und Aristoteles¹⁷ ein wichtiger Begriff der Wissenschaft, wo er ein Wissen über ein Nichtwissen bezeichnet und der ideelle Ausgangspunkt der Gewinnung von weiteren Wissen ist. Platon war beim Prozess gegen Sokrates anwesend, aber er scheint Athen noch vor der Hinrichtung fluchtartig verlassen zu haben. „Vielleicht befürchtete er, daß man auch gegen ihn etwas unternehmen würde. Seine Biographie im Oxford Classical Dictionary berichtet, er habe „mit anderen Sokratikern“ zunächst Zuflucht im nahen Megara gefunden. Er blieb zwölf Jahre außer Landes und reiste bis nach Ägypten.“¹⁸ In solch überraschender Art und Weise eines tiefgehenden Konflikts zwischen Gesellschaft und der entstehenden Wissenschaft stellt sich nicht nur für Platon die Frage nach einem Freiraum für wissenschaftliche Tätigkeit: das von Sokrates benutzte öffentliche Forum konnte es nach dem Prozess gegen ihn und seiner Hinrichtung nicht sein. So begann für Wissenschaftler eine je nach Gesellschaftsentwicklung geforderte Suche nach einem Freiraum für ihre wissenschaftliche Tätigkeit, den sie in Form eigener Institutionen vorzustellen, zu verhandeln und zu schaffen hatten, was bis heute auf steigendem Niveau der methodischen Wissensproduktion geblieben ist und weiterhin auch bleiben wird. Rückblickend hat die Wissenschaft mit ihrem weiterführenden Problematisieren ständig Tabus der jeweiligen Gesellschaft berührt und gebrochen. Das zeigt sich auch in der gegenwärtigen Diskussion um die embryonale Stammzellenforschung. Am Ende, so nimmt Peter Gruss, der neue Präsident der Max-Planck-Gesellschaft an, werde sich wieder wie so oft in der Geschichte der Wissenschaft eine „lebensnahe Ethik“ durchsetzen: „Wenn die erste Krankheit mit Stammzellen therapiert ist, wird die Diskussion automatisch verstummen“.¹⁹

Wenn von Stadien der Geschichte wissenschaftlicher Institutionen die Rede ist, dann bieten sich verschiedene Kriterien an. 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. Eine zweite wissenschaftliche Institution geht auf Aristoteles zurück: das Gymnasium Lykeion für den Unterricht von Jugendlichen in Athen seit etwa 335 v. u. Z..

16 Platon, Dialog Politikos, 291 St. Leipzig 1914. S. 81.

17 Aristoteles, Metaphysik. 982 b 17; 995 a 24- 995b4. Berlin: Akademie-Verlag 1960. S. 21, 54.

18 Stone, I. F., Der Prozess gegen Sokrates. Wien: Paul Zsolnay Verlag 1990. S. 188 - 189.

19 Schnabel, U., Der Kandidat. Der Stammzellenforscher Peter Gruss soll neuer Präsident der Max-Planck-Gesellschaft werden. - In: Die Zeit (Hamburg). 55(2001)48, S. 36.

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 Museion²⁰ 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 475 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.

Eine neue wissenschaftliche Institution entstand erst im 12. Jahrhundert in Europa mit der Universität²¹, die bis heute eine grundlegende Institution der Wissenschaft in aller Welt geworden ist.²² Drei Jahrhunderte später entstanden ebenfalls mit weltweiten Erfolg ein Reihe von außeruniversitärer Institutionen der Wissenschaft: seit dem 15. Jahrhundert in Anlehnung an die Platonische Akademie moderne Akademien als Forschungseinrichtungen ohne universitäre Lehrverpflichtung²³ und seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts weitere außeruniversitärer Forschungseinrichtungen sowohl des Staates als auch der Wirtschaft. Die in der Antike zur Sicherung des Problematisierens und methodischen Problemlösens entstandenen Institutionen wie die Platonische Akademie, das Aristotelische Lykeon als städtisches Gymnasium und das alexandrinische Museion als staatliche Forschungsstätte haben die Jahrhunderte trotz ihrer Forschungsleistungen nicht überdauert.

Die Gestaltung neuer tragfähiger wissenschaftlichen Institutionen erhielt ihre Impulse offensichtlich erst durch das Aufkommen wissenschaftsbasierter Berufe, die eine Universitätsausbildung seit dem 12. Jahrhundert nahe legten, und zum anderen durch die später im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts hinzukommende wissenschaftsbasierte Wirtschaft, die auch außeruniversitäre Forschungsstätten benötigte.

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

21 Rüegg, W. (Hrsg.), Geschichte der Universität in Europa. Band I Mittelalter. München: Verlag C.H. Beck 1993.

22 Rüegg, W. (Hrsg.), Geschichte der Universität in Europa. Band II Von der Reformation bis zur Französischen Revolution 1500-1800. München: Verlag C.H. Beck 1996; Parson, T. / Platt, G.M., Die amerikanische Universität. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1990.

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

1.3.2. *Wissenschaftliche Institutionen nach dem Aufkommen wissenschaftsbasierter Wirtschaft*

Im 19. Jahrhundert war die institutionelle Form der Wissenschaft noch weitgehend die Akademie und die 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.²⁴ 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,²⁵ und der Umwandlung traditioneller Gewerbe in wissenschaftsbasierte Industriezweige wie der chemischen Industrie²⁶ im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts mehrten sich Gründungen wissenschaftlicher Einrichtungen außerhalb von Universitäten, 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,²⁷ die Wilhelm Ostwald noch zwei Jahrzehnte später als einen „ganz neuen Typus wissenschaftlicher Einrichtungen“ bezeichnete.²⁸ 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 besonders solche, zu deren Lösung an Universitäten erforderliche Räumlichkeiten und Geräte fehlen, oder für die eine längere eine ganze und lehrfreie Hingabe eines Wissenschaftlers an die Forschung erfordern. Die zweite Abteilung ist zur direkten Unterstützung des

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

25 König, W., Technikwissenschaften. Die Entstehung der Elektrotechnik aus Industrie und Wissenschaft zwischen 1880 und 1914. Berlin 1995.

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

27 Förster, W., Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Berlin 1887; Cahan, D., An Institute for an Empire. The Physikalisch-Technische Reichsanstalt 1871-1918. Cambridge 1989.

28 Ostwald, W., Große Männer. Leipzig 1909. S. 294.

Präzisionsgewerbes bestimmt, indem sie alle 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.²⁹ Wissenschaftler, denen für physikalische Untersuchungen die geeigneten Räumlichkeiten und kostspieligen Apparate fehlen, können als Gäste in der ersten Abteilung arbeiten. 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,³⁰ 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.³¹ So wies Emil Fischer im Oktober 1912 bei der Einweihung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie sowie des von der Koppel-Stiftung ins Leben gerufene 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.“³² In der Denkschrift von Adolf von Harnack aus dem Jahre 1909 wurde bereits auf Forschungsrichtungen hingewiesen, „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.“³³ Ferner werden in dieser Denkschrift zu Beginn des 20. Jahrhunderts neuartige Beziehungen zwischen der Forschung in staatlichen Instituten und in der Wirtschaft angesprochen. So wurde damals exemplarisch aus der Situation in der organischen Che-

29 Der erste Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt war Herrmann Helmholtz. Zu den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierte Wirtschaft vgl. Kant, H., *Aus den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierter Wirtschaft: Herrmann Helmholtz, Werner Siemens und andere.* - In diesem Jahrbuch.

30 Vgl. McClelland, Ch.E., *State, Society and University in Germany 1700-1914.* Cambridge 1980.

31 *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 1961.

32 Ebenda, S. 150.

33 Ebenda, S. 82.

mie, „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 „dieses 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.“³⁴ Aus der Sicht von Adolf Budenandt 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.“³⁵ Wir möchten diese drei Gründe, die zur Einrichtung sowohl vom Staat als auch von der Wirtschaft finanzierter und lehrunabhängiger Forschungsinstitute angegeben werden, wie folgt formulieren: erstens die steigenden Kosten der Forschungstechnik;³⁶ zweitens die wachsenden Lehrverpflichtungen für Hochschullehrer, die ein Arbeiten eingedenk der Mahnung von Wilhelm von Humboldt

34 Ebenda, S. 82 - 83.

35 Ebenda, S. 7 - 8.

„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 Wassermann bei Einweihung des Kaiser-Wilhelm-Instituts 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 exakten naturwissenschaftlichen Hilfsdisziplinen ergründet werden.“³⁷ 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 Forschungsrichtungen ohne Lehrbetrieb wird von O. Jaekel die Vorstellung entwickelt, dass sie in erhöhtem Masse interdisziplinär arbeiten sollten,³⁸ was auch wissenschaftlich ertragreich eingetreten ist.

1.4. *Interdisziplinäre Forschungssituation als Entwicklungsform der Wissenschaft*

Im Zusammenhang mit dem im Vorangehenden erörterten Wandel wissenschaftlicher Institutionen - und ihnen zugrundeliegend - entwickelt sich Wissenschaft in Formen des theoretischen Denkens zum weiteren Erkenntnisfortschritt, in Gesamtheiten von Tätigkeiten zur Gewinnung, Vermittlung und Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Danach kann die Frage der Entwicklungsform der Wissenschaft auf zwei Ebenen gestellt werden: erstens, Wissenschaft als kognitives System unter Produktauspekt; zweitens, Wissenschaft als System spezifischer gesellschaftlicher Tätigkeiten, in denen Denken nur ein Teilbestand derselben ist.

Auf der erstgenannten Ebene entwickelt sich bekanntlich Wissenschaft, soweit sie denkt, in Form von Hypothesen. Andererseits lassen sich Problemfelder sowie Zusammenhänge zwischen Problem und Methode belegen, von denen mehr denkbar sind als mittels verfügbarer Forschungstechnik tatsächlich bearbeitet werden können.³⁹ In der Forschung tätige Wissenschaftler versuchen stets neue

36 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 diesem Jahrbuch.

37 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 1961. S. 158.

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

Zusammenhänge zwischen Problem, Methode und Forschungstechnik in Form von Forschungssituationen herbeizuführen, die ein tieferes Eindringen in das Wesen der Erscheinungen ermöglichen als frühere Forschungssituationen, in der die bearbeiteten Probleme aufgetreten sind. Im Anschluss an diesen Gesichtspunkt, der von und bereits früher vorgestellt und diskutiert wurde,⁴⁰ kann der Frage nachgegangen werden, inwieweit interdisziplinäre Forschungssituationen eine Entwicklungsform der Wissenschaft auf der zweitgenannten Ebene ist.⁴¹

In der Wissenschaftsentwicklung des 20. Jahrhunderts finden sich gehäuft Beispiele dafür, wie aus der Disziplinierung von interdisziplinären Forschungssituationen neue Wissenschaftsdisziplinen entstanden sind. Seit ihrem Beginn sind die Entwicklung der Wissenschaften und ihrer Ordnungssysteme sowie die hierauf begründeten Forschungs- und Lehrprofile durch zwei entgegengesetzte, sich jedoch wechselseitig bedingende Tendenzen gekennzeichnet: einmal den Zwang zur zunehmenden Differenzierung in Disziplinen und zum anderen die damit bedingte Notwendigkeit zur Integration dieser Fachrichtungen. 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, hängt doch die gesellschaftliche Wirksamkeit der Forschung, durch neues Wissen zur Lösung gesellschaftlicher Probleme beizutragen, wesentlich davon ab, inwieweit ein und derselbe Bereich der Wirklichkeit sowohl Objekt der Forschung als auch Gegenstand der gesellschaftlichen Praxis ist.

Wissenschaftsdisziplinen als Form von historisch gewordenen und veränderbaren Grenzziehungen des Wissens und der Wissensproduktion werden durch diesen Wandel in der Beziehung zwischen dem Objektbereich der Forschung und dem Gegenstandsbereich der gesellschaftlichen Praxis bedingt. Letztlich folgen wir hierbei der von Max Planck bereits in den dreißiger Jahren 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.“⁴²

Wissenschaftsdisziplinen sind historisch bedingte und damit veränderliche Formen der Wissensgewinnung und Wissensreproduktion, in denen sowohl die

39 Parthey, H. (Hrsg.), *Problem und Methode in der Forschung*. Berlin: Akademie-Verlag 1978.

40 Parthey, H., *Problemsituation und Forschungssituation in der Entwicklung der Wissenschaft*. – In: *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* (Berlin). 29(1981)2. S. 172 - 182.

41 Vgl.: Parthey, H. / Schreiber, K. (Hrsg.), *Interdisziplinarität in der Forschung. Analysen und Fallstudien*. Berlin: Akademie-Verlag 1983; Parthey, H., *Interdisziplinäre Forschungssituation als Entwicklungsform der Wissenschaft*. – In: *Wissenschaft – Das Problem ihrer Entwicklung*. Band 2. Hrsg. v. G. Kröber. Berlin: Akademie-Verlag 1988. S. 224 - 244.

Art und Weise des wissenschaftlichen Fragens als auch die Bevorzugung bestimmter methodischer Vorgehensweisen von einzelnen Wissenschaftler 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 als bei der Bearbeitung von Problemen auf bestimmte Bereiche des theoretischen Wissens beziehen müssen, kann zwischen disziplinärer und interdisziplinärer Forschung in erster Näherung wie folgt unterschieden werden:

Eine Forschung 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.

Eine Forschung ist interdisziplinär, wenn Problem und Methode der Forschung in verschiedenen Theorien formuliert bzw. begründet sind.

So beruhen zweigründende Erkenntnisdurchbrüche im 20. Jahrhundert auf frühen Beispielen erfolgreicher Interdisziplinarität in der Grundlagenforschung: einmal die Entdeckung in der Kernspaltung durch O. Hahn und F. Strassmann und ihre Interpretation durch L. Meitner und O. R. Frisch in den Jahren 1938/39 mit der Fächerkombination Radiochemie - Analytische Chemie - Kernphysik⁴³ und zum anderen die Aufklärung der Genstruktur durch J. D. Watson und F. H. Crick im Jahre 1953 mit der Fächerkombination Genetik und Röntgenstrukturanalyse.⁴⁴ Weitere frühe interdisziplinär ertragreiche und bahnbrechende Untersuchungen - ähnlich den Arbeiten von O. Hahn, L. Meitner und F. Strassmann im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie - wurden vor allem in dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie von C. Correns, H. Speemann, O. Warburg und O. Meyerhof durchgeführt. Auch was heute als Molekularbiologie bezeichnet wird, nahm mit einem „Dreimännerwerk“ von N. V. Timoféef-Ressovsky und K. G. Zimmer aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Hirnforschung in Berlin-Buch gemeinsam mit M. Delbrück aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem im Jahr 1935 seinen Anfang.⁴⁵ Obwohl am Anfang der Molekularbiologie zu Beginn der 30er Jahre des 20. Jahrhunderts aus Vertretern ver-

42 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.

43 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.

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

schiedener Disziplinen zusammengesetzte Forschergruppen noch ziemlich selten 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 unterschiedlichen methodologischen Niveau erfordert. Zur wissenschaftsmetrischen Analyse der Interdisziplinarität in der Forschung wird in der Regel ein Indikator für die Zusammensetzung von Forschergruppen nach Diplomdisziplinen verwendet. Wesentlich interessanter sind Indikatoren für die interdisziplinäre Arbeit einzelner Wissenschaftler, die in einer Person interdisziplinäre Zusammenhänge zwischen Problem und Methode denken und bearbeiten können, d. h. in deren Problembearbeitung Methoden verwendet werden, die nicht in dem theoretischen Wissensbereich begründet sind, in dem die Probleme formuliert wurden.⁴⁶ In neuerer Zeit wird dies mit Transdisziplinarität bezeichnet. Peter Weingart erscheint Transdisziplinarität „als eine Steigerung von Interdisziplinarität“, wobei „die Funktion der beiden Begriffe jedoch dieselbe ist, wenn auch nicht ihre Wortbedeutung“⁴⁷ Damit sind Fragen der angemessenen Flexibilität von Organisationsformen der multidisziplinär Zusammensetzung von Forschungsgruppen bei inhaltlicher Dominanz der Interdisziplinarität von Problem und Methode in der Forschung, der sogenannten Transdisziplinarität angesprochen. Wirken in multidisziplinär zusammengesetzten Forschergruppen mehrere Spezialgebiete zusammen, dann entstehen interdisziplinäre Forschungssituationen nur dann, wenn ein Spezialgebiet erkennbar ist, in dem die Probleme formuliert werden (Kerngebiet) und um das sich mehrere Spezialgebiete scharen, aus denen die zur Problembearbeitung verwendeten Methoden stammen (Methodengebiete): Erweist es sich nun, dass zur Bearbeitung von Problemen Methoden benötigt werden, die nicht in dem Wissensbereich begründet sind, in dem die Probleme formuliert wurden, dann befinden sich Wissenschaftler in interdisziplinären Forschungssituationen, die oft „einen solchen Integrationsgrad erreichen, dass damit Ansätze der Heraus-

45 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.

46 Parthey, H., Forschungssituation interdisziplinärer Arbeit von Forschergruppen. - In: Interdisziplinarität in der Forschung. Analysen und Fallstudien. Hrsg. v. H. Parthey / K. Schreiber. Berlin: Akademie-Verlag 1983. S. 13 - 46; vgl. zur Diskussion dieses Indikators: Interdisziplinarität - Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Festschrift zum 60. Geburtstag von Heinrich Parthey. Hrsg. v. K.-F. Wessel / W. Umstätter. Bielefeld: Kleine Verlag 1999.

47 Weingart, P., Die Stunde der Wahrheit. Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und Medien in der Wissensgesellschaft. Weilerwist: Velbrück Wissenschaft 2001. S. 348.

bildung einer neuen Forschungsrichtung erfüllt sind. Inwieweit Forschungsrichtungen dieser Art zu neuen Wissenschaftsdisziplinen werden oder in interdisziplinären Forschungssituationen längere Zeit ohne diesen Status wissenschaftlich erfolgreich gearbeitet wird, hängt letztlich von der Notwendigkeit ab, dem Wandel in der Beziehung zwischen Objektbereich der Forschung und dem Gegenstandsbereich der gesellschaftlichen Praxis auch durch Veränderungen in den Forschungs- und Lehrprofilen Rechnung zu tragen.⁴⁸

2. *Erstattung der Aufwendungen für Wissenschaft durch Innovation*

Zum Verständnis der heutigen Wissenschaftsentwicklung gehören Faktoren, die eine Erstattung der enormen finanziellen Aufwendungen für Wissenschaft gewährleisten. Damit wird die Frage aufgeworfen, inwieweit Innovationen als erstmalige unternehmerische Nutzung von Erfindungen einen Preis auf dem Weltmarkt erzielen, der die mitunter enormen Forschungsaufwendungen vor der Fertigung innovativer Güter rechtfertigt.

Nun kommen auf dem Weltmarkt erzielte Preise vorerst nur den unmittelbaren Produzenten dieser wohlfeilen Güter zugute, wovon Wissenschaftler und Forschungsstätten in der Wirtschaft finanziert werden.⁴⁹ Ausgangspunkt für Überlegungen dieser Art sind unter anderem Verschiebungen zwischen den Anteilen, die die öffentlichen Haushalte und der Wirtschaftssektor an den Wissenschaftsausgaben im Deutschland der 90er Jahren des 20. Jahrhunderts haben. „Während von 1991 bis 1996 der Anteil der öffentlichen Haushalte an den Wissenschaftsausgaben kontinuierlich von 50,6 Prozent auf 52,7 Prozent stieg, nahm der Anteil seit 1997 wieder ab. Dagegen macht der Anteil der Wirtschaft 1998 und 1999 wieder mehr als die Hälfte aus.“⁵⁰ Ein weitere Zuwendung von Geldern für staatlich finanzierte Forschung, die nicht aus den staatlichen Steueraufkommen sondern vor allem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, von Stiftungen, Verbänden und Unternehmen kommen, werden in den Hochschule-

48 Parthey, H., Interdisziplinäre Forschungssituation als Entwicklungsform der Wissenschaft. - In: Wissenschaft - Das Problem ihrer Entwicklung. Band 2. Hrsg. v. G. Kröber. Berlin: Akademie-Verlag 1988. S. 241 - 242.

49 Über die Höhe von internen und externen Aufwendungen für Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft selbst sowie Wissenschaftsförderung der Wirtschaft in Deutschland Ende des 20. Jahrhunderts siehe: Grenzmann, Ch. / Marquardt, R., Wirtschaft und Wissenschaft. Statistische Grundlagen zu Forschung, Entwicklung und Wissenschaftsförderung. - In diesem Jahrbuch.

50 Bundesbericht Forschung 2000. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). Berlin 2000. S. 67.

tats zusätzlich zu den vom jeweiligen Bundesland bereitgestellten Grundausrüstung verbucht. Nach einer Berechnung des Statistischen Bundesamtes⁵¹ sind es im Durchschnitt 200.100 Mark an Drittmitteln, die eine Professorenstelle den Hochschulen im Jahr einbringt. In ganz Deutschland summieren sich diese Zuwendungen 1999 auf 4,9 Milliarden Mark. Die Grundausrüstung betrug in dem genannten Jahr durchschnittlich 858.700 Mark je Professorenstelle. Mit den rund 200.000 Mark Einnahmen aus Drittmitteln kommt also noch einmal fast ein Viertel hinzu.

Die Höhe dieser eingeworbenen Mittel ist in den einzelnen Fächergruppen sehr unterschiedlich. Die höchsten Drittmiteleinnahmen mit 395.100 Mark je Professorenstelle erzielten im Bundesdurchschnitt die Professoren der Ingenieurwissenschaften an den Universitäten. Im Bereich Humanmedizin waren es 309.300 Mark, bei Mathematik und Naturwissenschaften 206.300 Mark. Wesentlich schwieriger scheint es zu sein, für die Geisteswissenschaften Drittmittel zu erhalten. Je Professorenstelle beliefen diese sich an den Universitäten in den Sprach- und Kulturwissenschaften auf durchschnittlich 52.500 Mark, in den Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften auf 63.500 Mark. Die Fachhochschulen nahmen 13.200 Mark Drittmittel je Professor ein, obwohl sie für die Forschung eigentlich keine Ausstattung zugewiesen bekommen.

Auf diesem Umstand, dass die Finanzierung der Wissenschaft nicht mehr allein dem staatlichen Steueraufkommen entnommen werden kann, weist bereits Adolf von Harnack in seiner Denkschrift vom Jahre 1909 in der frühen Gründungsgeschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften hin: "Die Wissenschaft ist in ihrer Ausbreitung und in ihrem Betriebe an einem Punkt angelangt, an welchem der Staat allein für ihre Bedürfnisse nicht mehr aufzukommen vermag."⁵² In dem sich daran anschließenden Briefwechsel Harnacks finden sich folgende Überlegungen: "Es war für die Wissenschaft eine schöne, bequem ruhige Zeit, als sie in Bezug auf die Mittel nur vom Staat abhängig war. Diese Zeit – es entwickelten sich in ihr auch Nachteile – ist jetzt schon vorbei."⁵³ In der heutigen Diskussion wird nun auf eine zunehmende „Verschränkung von Wissenschaft und Industrie“ in der „Wissensgesellschaft“ hingewiesen.⁵⁴ Die rasante

51 Monetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1999. Statistisches Bundesamt (Hrsg.). Reutlingen: Verlag Metzler-Poeschel 2001.

52 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 1961. S. 91.

53 Ebenda, S. 95.

54 Wingens, M., Wissensgesellschaft und Industrialisierung der Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 1998.

Zunahme wissensbasierter Industriegüter führt im 20. Jahrhundert zu einer Wissenschaft, die in Bezug auf ihre Finanzierbarkeit zunehmend von der Innovationskraft der Wirtschaft durch Erfindungen abhängig geworden ist.

Im Unterschied zum Erkenntnisproblem ist das technische Entwurfsproblem durch Erfindungen lösbar, die eine Veränderung von Naturerscheinungen als Struktur entwerfen, damit zur beabsichtigten Funktion auch eine funktionserfüllende Struktur geschaffen wird. Dabei werden technische Gebilde zuerst entworfen und danach zur beabsichtigten Zielstellung als funktionserfüllende Struktur gestaltet und schließlich, wenn möglich, ökonomisch als Innovation verwertet.

In diesem Zusammenhang kommt der Bezeichnung „Innovation“ eine Bedeutung zu, die von der umgangssprachlich üblichen verschieden ist. So findet sich in einem Bulletin der Europäischen Union des Jahres 1995 der Hinweis darauf, dass es sich nach der von der OECD im Frascati-Handbuch vorgeschlagenen Definition um die Umsetzung einer Idee in neue oder verbesserte käufliche Produkte oder Dienstleistungen, in operationale Verfahren in Industrie oder Handel oder in eine neue Form sozialer Dienstleistungen handelt.⁵⁵ Dazu heißt es weiter: „Hier ist der Prozess gemeint. Wenn hingegen mit „Innovation“ gemeint ist, dass sich neue oder verbesserte Produkte, Geräte oder Dienstleistungen auf dem Markt durchsetzen, ist das Schwergewicht auf das Ergebnis des Prozesses gelegt. Das kann zu Verwirrung führen: Wenn von Innovationsdiffusion die Rede ist, meint man den Prozess, also die Methoden und Verfahren, die Innovationen ermöglichen oder aber die Ergebnisse, also neue Produkte? Das ist ein beträchtlicher Unterschied.“⁵⁶

Das Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe versteht unter Innovation: „alle technisch neuen oder verbesserten Produkte und Verfahren und deren Einführung in den Markt, bzw. in die Produktion, die überwiegend auf Forschung und Entwicklung zurückführbar sind.“⁵⁷

Wissenschaftlich haben den Begriff „Innovation“ zuerst Botaniker in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts verwendet, und zwar zur Beschreibung der überaus weit verbreiteten Erscheinung, dass die vegetative Fähigkeit von älteren auf neuere Teile der Pflanze übergeht.⁵⁸ In analoger Weise haben Ökonomen beginnend mit

55 Grünbuch zur Innovation. Beilage 5/95 zum Bulletin der Europäischen Union. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften 1996. S. 12.

56 ebenda

57 Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Bonn, August 1993, S. 13.

58 Denffer, D. von / Ziegler, H. / Ehrendorfer, F. / Bresinky, A., Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Begründet von E. Strasburger, F. Noll, H. Schenk und A.F.W. Schimper. Jena 1896. 32. Auflage Jena 1983. S. 148.

der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die wirtschaftliche Erscheinung mit Innovation bezeichnet, bei der die ökonomische Effektivität von alter auf neue Technik beziehungsweise von älteren Produkten und Verfahren auf neuere übergeht.⁵⁹ Dabei wird davon ausgegangen, dass neue Produktionsverfahren und neue Produkte auf dem Markt die Waren derart wohlfeiler werden lassen, dass wenn sie auf finanzierbare Bedürfnisse treffen, die Waren unter Umständen über ihren Fertigungskosten verkauft werden können. Dasselbe Verhältnis kann stattfinden gegenüber dem Land, wohin Waren gesandt und woraus Waren bezogen werden: dass dieses Land mehr Fertigungsarbeit in natura gibt, als es erhält, und das es doch hierbei die Ware wohlfeiler erhält, als es sie selber produzieren könnte. In einer wissenschaftsbasierten Industrie heißt das folgendes: Neuer Technik kann nur dann die Eigenschaft der Innovation zukommen, wenn mittels ihrer Wohlfeilheit auf dem Weltmarkt Preise in einer solchen Höhe realisiert werden können, dass die mitunter enormen forschungsseitigen Vorleistungen für die Fertigung neuer Technik denjenigen zurückerstattet werden, die sie weltweit als erste aufgewendet haben. Ohne die Chance einer solchen Zurückerstattung durch Innovation müssten die zunehmenden finanziellen Aufwendungen für Wissenschaft in jedem Land für sich durch das in ihm begrenzte Steueraufkommen getragen werden. Nur wenn auf dem Weltmarkt für neue wissenschaftsbasierte Technik ein Preis in einer solchen Höhe erzielt wird, dass die wissenschaftsseitigen Vorleistungen für die Fertigung dieser neuen Technik denjenigen zurückerstattet werden, die sie weltweit als erste aufgewendet haben, haben Länder, die den wissenschaftlich-technischen Fortschritt gestalten, die Chance, dass ihnen die mitunter enormen finanziellen Aufwendungen dafür zurückerstattet werden.

Im Unterschied zu Entdeckungen, die zu neuen Wissen führen, und Erfindungen, die neue Technik entwerfen, sollte unter Innovation nur die neue Technik verstanden werden, die am Markt erstmalig eingeführt einen über die Fertigungsaufwendungen hinausgehenden Extragewinn mindestens in einer solchen Höhe realisieren lässt, die die vor der Fertigung liegenden Aufwendungen für das Zustandekommen der neuen Technik rechtfertigt, darunter vor allem die wachsenden Aufwendungen für die Forschung.

Noch im 19. Jahrhundert hatten Erfindungen einen eher lockeren Bezug zur Wissenschaft. Mit der Elektrotechnik wurde im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts aber bereits deutlich: Bedeutende technische Erfindungen entstehen auf der

59 Vgl.: Marx, K., *Le Capital*. Paris 1872 bis 1875. - In: Marx, K. / Engels, F., Gesamtausgabe (MEGA), Band II/7 Text. Berlin 1989. S. 543; Schumpeter, J.A., *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und Konjunkturzyklus*. Leipzig 1912. Zweite Auflage 1926. Neuaufgabe: Berlin 1952; Freeman, Ch., *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth 1974.

Grundlage wissenschaftlicher Entdeckungen und forschungsintensive Industrien müssen im genannten Sinne innovativ sein.

Heute wird nun für Stätten physikalischer Forschung (ohne enge Verbindung zur Fertigung und zur Produktenentwicklung) eingeschätzt, dass „parallel mit einem wachsenden Bedarf an Physikern in der Informations- und Kommunikationstechnik und der Softwaretechnik, in der Managementberatung, in Versicherungen und in Banken die Bedeutung der Industrie als Träger physikalischer Grundlagenforschung weitgehend verschwunden ist. Die Zeit, in der sich industrielle Forschungsabteilungen wie die Bell Laboratories in der physikalischen Grundlagenforschung einen Namen machten, ihre Mitarbeiter sogar Nobelpreise bekamen, scheint abgelaufen. ... An die Stelle von eigener Forschung ist die Kooperation mit staatlichen Forschungsinstituten und Universitäten, aber auch der Kauf von Ergebnissen und Patenten getreten, die aus öffentlich finanzierten Instituten oder aus dem Ausland stammen.“⁶⁰

In allen Ländern - und vor allem in ihrem forschungsintensiven Bereich - lässt sich seit langem eine Tendenz zur Globalisierung feststellen, die sich vermehrt in einer Internationalisierung der Produktion und in immer noch steigenden Export- und Importquoten in Erscheinung tritt. In Deutschland beträgt 1999 die Exportquote des forschungsintensiven Sektors im Schnitt 49 von Hundert (im folgenden mit vH gekürzt), d. h. die forschungsintensiven Industrien Deutschlands erzielen mittlerweile fast die Hälfte ihres Gesamtumsatzes im Ausland (1996: gut 43 vH).⁶¹

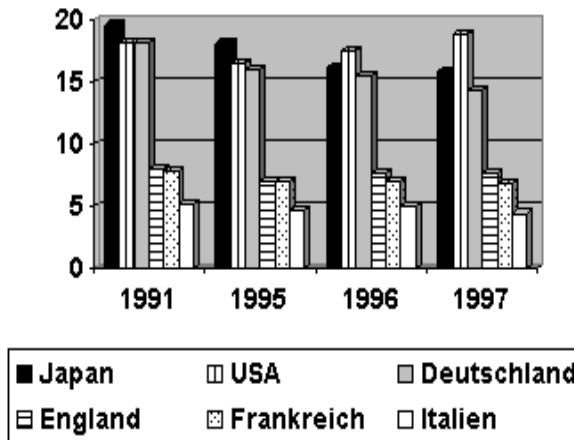
Die Welthandelsanteile der OECD-Länder bei forschungsintensiven Gütern weist für Deutschland wie Abbildung 4 zeigt, eine hohen, in den Jahren 1991 bis 1997 allerdings rückläufigen Anteil aus. Der forschungsintensive Sektor der Industrie umfasst Güter mit einem Forschungs- und Entwicklungsanteil am Umsatz von über 3,5 vH. Nun ist es sinnvoll, den forschungsintensiven Sektor der Industrie in zwei Bereichen nach der Höhe der Forschungs- und Entwicklungintensität zu unterscheiden, und zwar in Spitzentechnik, d. h. Güter mit einem Forschungs- und Entwicklungsanteil am Umsatz von über 8,5 vH und höherwertige Technik, d. h. Güter mit einem Forschungs- und Entwicklungsanteil am Umsatz zwischen 3,5 bis 8,5 vH. Die Unterscheidung zwischen spitzen- und

60 Pobell, F. / Stäudner, F., Stätten physikalischer Forschung: Universitäten, staatliche Forschungsinstitute und Industrie. – In: Physik - Themen, Bedeutung und Perspektiven physikalischer Forschung: Denkschrift zum Jahr der Physik. Ein Bericht an Gesellschaft, Politik und Industrie. Hrsg. v. Deutsche Physikalische Gesellschaft. Bad Honnef: Deutsche Physikalische Gesellschaft 2000. S. 193.

61 Siehe: Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. Zusammenfassender Endbericht 1999. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung 2000. S. 21.

Abbildung 4: *Welthandelsanteile von OECD-Ländern bei forschungsintensiven Gütern.*

Quelle: Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Bericht 2000. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin 2000.



höherwertiger Technik gibt weiterhin Aufschluss darüber, inwieweit sich ein Land in Bereichen engagiert, in denen eine enorm aufwendige Forschungs- und Entwicklung betrieben wird, oder in Bereichen, in denen - gemessen an der Breitenwirkung - zwar ein überdurchschnittlicher, jedoch deutlich geringer Aufwand an Forschung und Entwicklung betrieben wird.

Abbildung 5 zeigt, dass der Bereich der höherwertigen Technik nach wie vor eine Domäne Deutschlands ist. Deutschland verdankt vor allem diesem Bereich seine relativ robuste Stellung im internationalen Wettbewerb. Jedoch erst Spitzentechnik erzielt fast durchweg höhere Exportüberschüsse als andere Güter und erst die für sie auf dem Weltmarkt erzielbaren Extragewinne rechtfertigen ökonomisch umfassend die heute mitunter enormen forschungsseitigen Vorleistungen. Deutschland hat bei einer Durchschnittsbetrachtung eine im Vergleich mit den USA viel schwächere Ausprägung bei Spitzentechnologien im genannten Sinne: 12 bis 15 vH der Industriewarenausfuhren stammen aus diesen Industrien und in den USA sind es 25 bis 30 vH. In den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts, wie Abbildung 6 zeigt.

Die nach wie vor sichtbare deutsche Stärke im internationalen Handel, die sich an deutlich positiven Zuwachsraten der Handelsbilanzen zeigt, beruht immer jedoch weniger auf Spitzentechnologie, sondern eher auf ausgereifter gängiger Technologie.

Abbildung 5: *Welthandelsanteile von OECD-Ländern bei höherwertiger Technik.*

Quelle: *Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Bericht 2000.*
 Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin 2000.

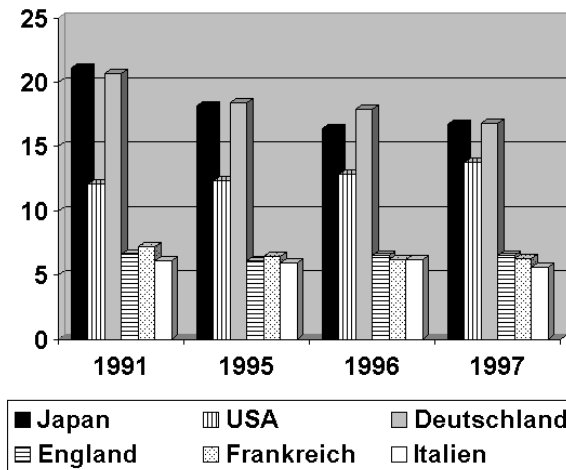


Abbildung 6: *Welthandelsanteile von OECD-Ländern bei Spitzentechnik.*

Quelle: *Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Bericht 2000.*
 Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin 2000.

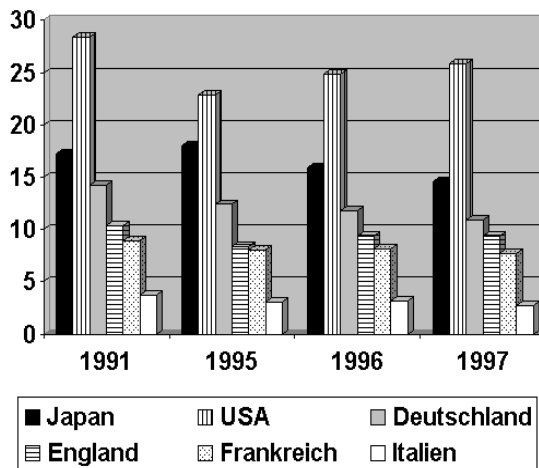


Abbildung 7: *Export/Import-Relation (RCA) von OECD-Ländern in höherwertiger Technik.*

Quelle: Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Bericht 2000. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin 2000. Anhang S. XVII.

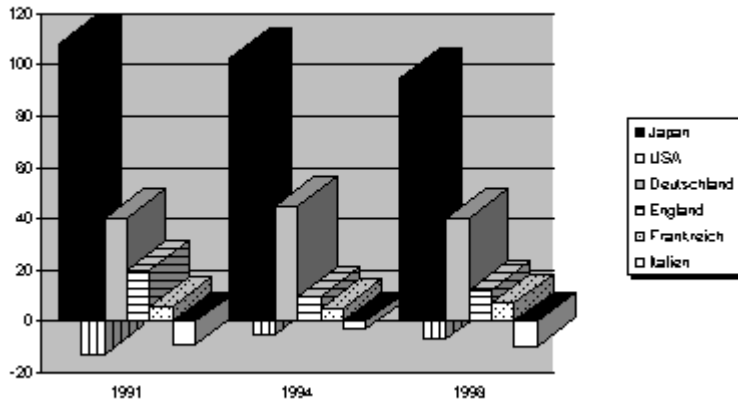


Abbildung 8: *Export/Import-Relation (RCA) von OECD-Ländern in Spitzentechnik.*

Quelle: Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Bericht 2000. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin 2000. Anhang S. XVII.

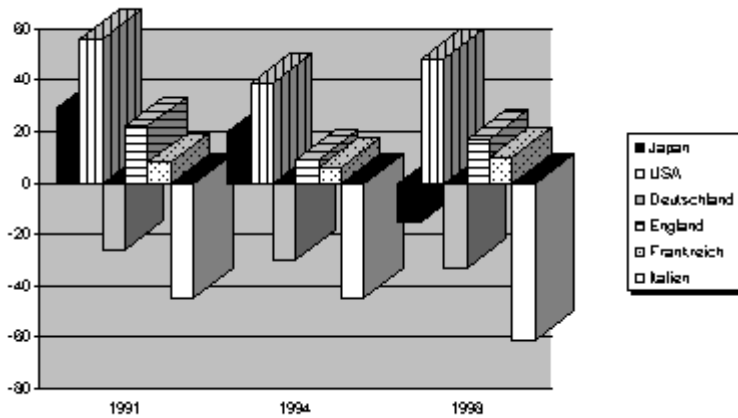


Abbildung 9: *Patentaktivitäten (RPA) von OECD-Ländern in höherwertiger Technik.*

Quelle: *Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Bericht 2000.*
 Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin 2000.
 Anhang S. XV.

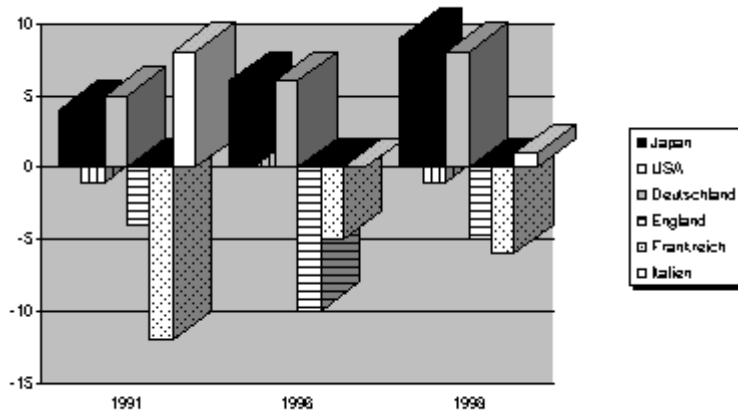
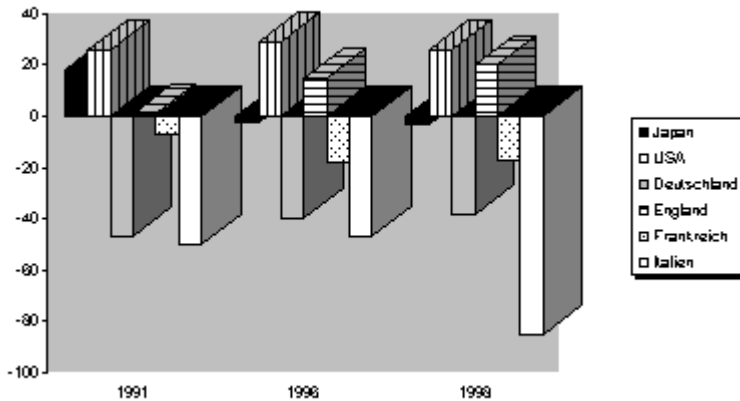


Abbildung 10: *Patentaktivitäten (RPA) von OECD-Ländern in Spitzentechnik.*

Quelle: *Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Bericht 2000.*
 Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin 2000.
 Anhang S. XV.



Wenn nun auch bei höherwertiger Technik ein Nachlassen Deutschlands Außenhandelsstellen festzustellen ist, wie Abbildung 5 zeigt, dann muss insgesamt gesagt werden, dass die Chance forschungsseitige Aufwendungen über den Weltmarkt erstattet zu bekommen, sich in den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts deutlich verringert hat.

3. *Patentaktivität und Export-Import-Relation*

Wenn Überlegungen darüber sinnvoll sind, inwieweit mit dem Begriff „Innovation“ auch Möglichkeiten einer Rechtfertigung der einer Innovation vorausgehenden Aufwendungen, darunter auch die Finanzierung der Wissenschaftsentwicklung eines Landes verbunden sind, dann kann dazu das Konzept des „Revealed Comparative Advantage“ (RCA) verwendet werden⁶²: Der RCA gibt an, inwieweit die Export-Import-Relation bei einer bestimmten Produktgruppe von der Außenhandelsposition bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt abweicht. Stimmt die Ausfuhr-Einfuhr-Relation der betrachteten Warengruppe mit der bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt überein, so nimmt der RCA den Wert Null an. Positive Vorzeichen weisen auf komparative Vorteile hin, also auf eine starke internationale Wettbewerbsposition der betrachteten Warengruppe im betrachteten Land. Es kann angenommen werden, dass dieser Zweig als besonders wettbewerbsfähig einzustufen ist, weil ausländischen Konkurrenten im Inland relativ gesehen nicht in dem Maße Fuß fassen konnten, wie es dieser Branche ihrerseits im Ausland gelungen ist. Diese Export/Import-Relation kann auch für Länder berechnet werden, und zwar im Gebiet der höherwertigen Technik, wie Abbildung 7 zeigt, und in der Spitzentechnik, wie in Abbildung 8 ersichtlich.

Ein Vergleich beider Abbildungen weist unmittelbar auf den bereits beschriebenen Sachverhalt hin: Die nach wie vor sichtbare Stärke Deutschlands im internationalen Handel beruht weniger auf Spitzentechnologie (vergleiche Abbildung 8, die durch negative Vorzeichen auf komparative Nachteile Deutschlands im internationalen Wettbewerb hinweist), sondern eher auf höherwertige Technologie (vergleiche Abbildung 7, die durch positive Vorzeichen komparative Vor-

62 Dankenswerter Weise entstanden als allgemein zugängliche Materialien ein Gutachten im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung „Zur technologischen Leistungsfähigkeit. Zusammenfassender Endbericht 1999“, Januar 2000, vorgelegt durch das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim, Niedersächsische Institut für Wirtschaftsforschung, Hannover, Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe, Wissenschaftsstatistik im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Essen.

teile Deutschlands in der internationalen Wettbewerbsposition zu Ausdruck bringt).

In analoger Weise wie bei der Export/Import-Relation (RCA) kann von einer relativen Patentaktivität (RPA) gesprochen werden: Positives Vorzeichen bedeutet, dass der Anteil an den Patenten auf diesem Gebiet höher ist als bei Patenten insgesamt. Dieser relative Patentanteil kann wiederum auch für Länder berechnet werden, und zwar im Bereich der höherwertigen Technik, wie Abbildung 9 zeigt, und im Bereich der Spitzentechnik, wie Abbildung 10 zeigt. Dabei nimmt die Patentaktivität positive Werte an, wenn das zu untersuchende Land einen größeren Patentanteil auf einem bestimmten Teilgebiet platziert als alle übrigen Länder im Durchschnitt. Ein Vergleich beider Abbildungen 9 und 10 weist auf eine erstaunlich unterschiedliche Situation in der Patentaktivität von Deutschland in den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts hin: Ein durchgehend höherer Anteil von Patenten bei höherwertiger Technik als bei Spitzentechnik.

Abbildung A im Anhang lässt fragen, ob die Ausfuhr-Einfuhr-Relation für das Jahr 1999 von der Patentaktivität der Jahre 1995-98 für höherwertige Technik abhängt.

Erstaunlicherweise ist Deutschlands Weltmarktergebnis auch in Bereichen der höherwertigen Technik relativ robust, in denen die Erfindertätigkeit nachgelassen hat, so Arzneimittel, worauf Abbildung A im Anhang hinweist. Vorgestellte Abbildung B im Anhang weist daraufhin, dass neue Technologiefelder in Deutschland nicht schnell genug aufgegriffen werden und dass die Gefahr besteht, den Anschluss an neue Technologien zu verlieren. Damit wäre die Chance vertan, die forschungsseitigen Aufwendungen für Spitzentechnik durch Extragewinne für Innovationen über den Weltmarkt zurückerstattet zu erhalten. Vertan wäre auch die Chance für neue Arbeitsplätze und mehr Beschäftigung in Spitzentechnik als bei höherwertiger Technik. Neue Arbeitsplätze mit Hochlohn entstehen weiterhin fast ausschließlich in wissenschaftsbasierten Bereichen mit Spitzentechnik. Hierin liegt auch die Chance, dass Deutschland das bleibt, was es seit Entstehung wissenschaftsbasierter Industrien war, ein Hochlohnland.

Anhang: *Patentaktivitäten und Export/Import-Relation in Technologiefeldern Deutschlands zu Ende des 20. Jahrhunderts.*

Abbildung A: *Patentaktivitäten (RPA) 1995/98 und Export/Import-Relation (RCA) 1999 bei höherwertiger Technik in Deutschland.*
 Quelle: Bundesbericht Forschung 2000, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin 2000.

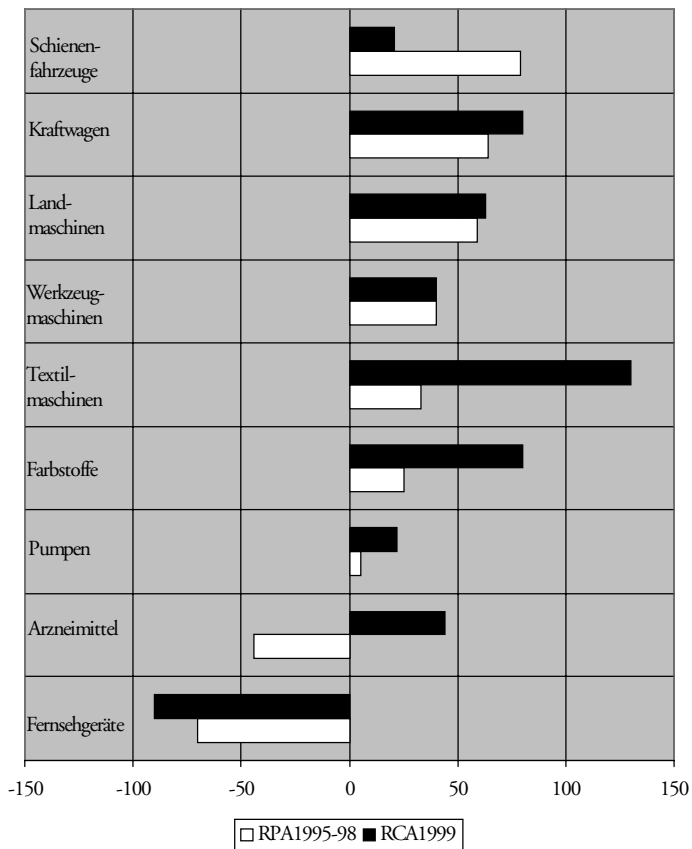
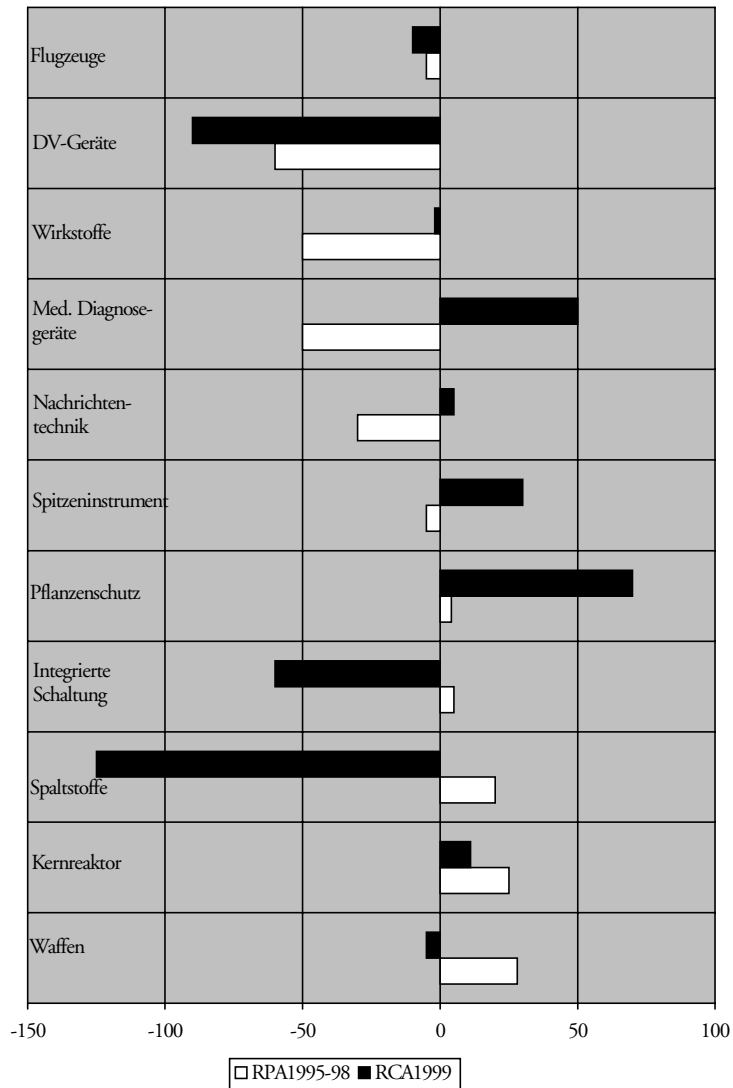


Abbildung B: *Patentaktivitäten (RPA) 1995/98 und Export/Import-Relation (RCA) 1999 bei Spitzentechnik in Deutschland.*
 Quelle: Bundesbericht Forschung 2000, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). Berlin 2000.



GÜNTER SPUR

Wandel der Forschung in einer wissenschaftsintegrierten Wirtschaft

Wettbewerb der Innovationen

Forschung verändert unsere Gesellschaft. Ihre Ergebnisse beeinflussen zunehmend die Innovationsprozesse der Wirtschaft. Die produktive Entfaltung des wissenschaftlichen Kreativpotenzials ist eine wichtige Aufgabe des Innovationsmanagements. Die Globalisierung des Wettbewerbs hat den Erwartungsdruck gegenüber Wissenschaft und Forschung zusätzlich gesteigert. Für den wissenschaftlichen Fortschritt gelten nicht mehr ausschließlich kulturelle Werte, sondern zunehmend wirtschaftsbezogene Präferenzen. Wissenschaft und Wirtschaft beeinflussen mit zunehmender Nachhaltigkeit die Entwicklung der Gesellschaft.

Die technologische Industrialisierung unserer Wirtschaft verläuft zwar evolutiv. Dennoch sind Phasensprünge erkennbar. Die Wirtschaft der Zukunft wird noch stärker wettbewerbsorientiert sein als bisher. Zukünftige Wirtschaftsimpulse werden mehr und mehr marktgetrieben aus der Forschung geprägt. Insbesondere zielen die Technikwissenschaften verstärkt in ihren Planungen auf eine möglichst kurzfristige ökonomische Verwertung ihrer Entwicklungsergebnisse.

Eine solche Herausforderung verändert auch die Unternehmensstrukturen. Der wirtschaftliche Erfolg hängt zunehmend von der Spannkraft des verfügbaren Wissens ab. Das Bildungssystem der zukünftigen Industriegesellschaft muss sich diesem Wandel anpassen. Dabei wird die Informationstechnik als Diensttechnik des Bildungsprozesses eine wichtige Schlüsselfunktion erhalten.

Die vernetzte Informationsgesellschaft bleibt auf den Menschen als Ideengeber angewiesen. Ohne konstruktive Kreativität ist die Weiterentwicklung unserer Welt nicht möglich. Sie bildet die Grundlage unserer Lebenskultur. Unsere Bildungsinstitutionen müssen diese Realität noch deutlicher verarbeiten.

Durch verstärkte Individualisierung der Bildungsprozesse wird die schöpferische Phantasie der Begabten und damit die Fähigkeit zur freien Selbstentfaltung gefördert.

In unserer fortgeschrittenen Industriegesellschaft hat sich die Einstellung zur Arbeit stark zugunsten subjektiver Kriterien verändert. Leistungsanreize, Lei-

stungsbewertung und Förderung der Verantwortungsbereitschaft haben eine wichtige führungsstrategische Bedeutung erhalten.

Auch die Weiterentwicklung der Wissenschaft hängt zunehmend von der individuellen Entfaltungsmöglichkeit ab. Gefordert wird nicht nur Kompetenz, sondern auch strategisches Denkvermögen und Überzeugungskraft zur Durchsetzung innovativer Prozesse. Es kommt auf das Können an, was noch mehr ist als Wissen.

Die Wettbewerbsfähigkeit von Wissenschaft und Wirtschaft lebt vom Leistungsvermögen der Menschen. Die Qualifizierten sind die Gewinner dieser Entwicklung. Der globale Wettbewerbsdruck erfordert eine permanente Aktivierung der Leistungsbereitschaft zur innovativen Anpassung. Das Neue führt zum Wachstum. Der Wettbewerb des Wissens schiebt die Forschungsergebnisse zielgerichtet als Innovationskeil in den Markt.

Ein solcher Wandel unseres Wirtschaftssystems verändert die gesellschaftliche Position unseres Wissenschaftssystems und fordert zu Fragen nach dem Selbstverständnis der Wissenschaften heraus. Die großen Innovationen unserer Zeit waren immer ein Produkt des wissenschaftlich-technischen Kreativpotenzials. Schöpferisches Handeln erfährt im Wechselspiel mit erfolgreicher praktischer Anwendung einen unverzichtbaren Antrieb zur Anreicherung der Innovationsprozesse. Dennoch ist es Irrtum zu glauben, dass der Erfolg selbstläufig ist. Innovation bedarf der Pflege aller Wirkfaktoren. Insbesondere gilt für das verantwortliche Management in Wissenschaft und Wirtschaft, dass die Sicherung der Zukunft immer unter dem Imperativ des innovativen Erfolgs steht.

Wissenschaftspotenziale ungenutzt

Analysen des Phänomens „Innovation“ finden ihren regelmäßigen Ausgangspunkt im Zusammenhang mit kritischen Betrachtungen der wirtschaftlichen Lage. Im Mittelpunkt stehen dabei zumeist kurzfristig erzielbare Wirkungen. Der Blick richtet sich dann hoffnungsvoll auf neue Technologien. Enttäuschung breitet sich aus, wenn festgestellt werden muss, dass Innovationen nicht paketweise geliefert werden können.

Unbestritten ist, dass Innovationen in gesamtwirtschaftlicher Perspektive den Kern des technischen Fortschritts bilden. Neoklassische Wachstumstheorien, die technischen Fortschritt in linear-deterministischer Perspektive als zentrales, unabhängiges Element wirtschaftlichen Wachstums ansehen, werden heute kritisch beurteilt. Eine positive und nachhaltige Beeinflussung des wirtschaftlichen Wachstums durch umwälzende, so genannte „revolutionäre“ Innovationen, die zunächst einen deutlichen technologischen Phasensprung voraussetzen, ist allgemein aner-

kannt. Dies bezieht sich in erster Linie auf Innovationen im Bereich der Schlüssel- und Schrittmachertechnologien und deren Anwendungsfelder. Es zeigt sich, dass Deutschland bei den klassischen Technologien eine internationale Vorrangstellung besitzt, im Bereich der informationsorientierten Spitzentechnologien jedoch nur in wenigen Feldern eine richtungsweisende globale Position einnimmt.

Konjunkturschwächen in Deutschland können am wenigsten auf ein mangelndes Kreativitätspotenzial zurückgeführt werden. Jedoch lässt sich ein Informations- und Umsetzungsproblem identifizieren: Die große Menge neuer Forschungsergebnisse mit den daraus resultierenden technischen Entwicklungsmöglichkeiten erreicht die potenziellen Anwender nur bedingt. Das neue Wissen „versandet“.

Wichtig für den Fortschritt der Wirtschaft ist nicht nur die Steigerung technischer Kreativität, sondern auch eine effizientere Organisation der Innovationsprozesse.

Zurückhaltung entsteht oft dadurch, dass innovative Technik nicht nur mit Hoffnung, sondern auch mit Unsicherheit und Risiko verknüpft ist. Deshalb wird das Neue eher zögerlich behandelt als gefördert.

Sicherlich darf die Diskussion um die Möglichkeit negativer Auswirkungen von technischen Innovationen auf die gesellschaftliche Entwicklung nicht unterdrückt werden. Im Vorfeld sollte deshalb bereits eine Bewertung der Potenziale von Innovationen, also eine Abwägung negativer Folgen und positiver Ertragschancen neuer Techniken, erfolgen. Vor diesem Hintergrund bedarf der Begriff Technikfolgenabschätzung allerdings einer neuen Interpretation.

Für die Volkswirtschaft wie auch für das einzelne Unternehmen geht es nicht um das grundsätzliche Für oder Wider, sondern um die Gestaltung der Bedingungen wettbewerbsorientierten Innovierens. Das Wirken muss darauf konzentriert werden, die Ziele der Zukunft als Erste zu erreichen und sich dann neuen Zielen zu widmen. Das Gegenwärtige wird durch Forschung permanent relativiert.

Innovationen betreffen nicht nur die Technik, sondern gleichermaßen auch betriebliche, öffentliche und politische Organisationsformen, das Sozialwesen sowie die Tarif- und Arbeitszeitregelungen. Die Ergebnisse der Innovationsforschung haben längst gezeigt, dass selbst bedeutende technische Basisinnovationen, wie die der Informationstechnik, ihre Potenziale erst in Verbindung mit neuen, von der Gesellschaft akzeptierten Leitbildern entfalten konnten. Neuere Beispiele finden sich bei den „intelligenten Technologien“ in der informationstechnisch vernetzten Dienstleistungsgesellschaft.

Das Gebot der Stunde lautet somit: Aufschwung durch Innovation im Sinne einer Erneuerung in allen Bereichen wirtschaftlichen Handelns. Aus der alltägli-

chen Erfahrung wird allerdings deutlich, dass ein solcher Prozess gesellschaftlichen Umdenkens ein sehr langwieriger ist, der allerdings mit politischer Initiative beschleunigt werden kann.

Der Druck des internationalen Forschungswettbewerbs gibt dem Industrie- und Technologiestandort Deutschland keinen Zeitaufschub für den notwendigen Anpassungsprozess.

Stimulierung einer Forschungswirtschaft

Schon kurzfristig wirksam müssen die Bedingungen für technische Innovationen in Wirtschaft und Wissenschaft umgestaltet werden. Es bedarf hier einer mutigen Vorwärtsstrategie in der Technologiepolitik mit dem Ziel, am Weltmarkt durch mehr Qualität, Flexibilität und Marktorientierung prägend mitzuwirken.

Dies setzt die Erzeugung einer permanenten „innovativen Spannkraft“ in der Forschungswelt voraus. Der Verlust der Wettbewerbsfähigkeit ist vorgezeichnet, wenn diese Spannkraft auch nur geringfügig nachlässt. Volkswirtschaften mit hohem Forschungsniveau - und vielleicht nur noch diese - sind potentiell in der Lage, die aufwendigen komplexen technischen Systeme bereitzustellen. Die Stärkung dieser Fähigkeit zur technologischen Dauerinnovation ist ein unverzichtbarer Grundstein für die Sicherung unternehmerischer Wirtschaftskraft.

Innovativ orientierte Entwicklungsaufgaben zwingen sowohl zur Interdisziplinarität als auch zur Nutzung des spezifischen Know-hows aller Forschungsträger. Daraus folgt ein volks- und betriebswirtschaftlich notwendiger Zwang zu einer stärkeren Kooperation zwischen verschiedenen Forschungseinrichtungen und Industriepartnern.

Hierzu ist allerdings nicht nur eine effektive, effiziente und unbürokratische Projektförderung notwendig, sondern auch die Stimulierung einer wettbewerbsorientierten „Forschungswirtschaft“ erforderlich, die als Wirtschaftsbereich für die Sicherung des volkswirtschaftlichen Wohlstands eine unentbehrliche Schlüsselrolle spielt.

Eine der zentralen Fragestellungen richtet sich auf die unsere Wirtschaft tragenden Technologiefelder. Aus der Perspektive zukunftsweisender Anwendungsgebiete lassen sich Produktion, Kommunikation, Mobilität, Gesundheit und Bildung nennen. Dabei werden besonders die sogenannten intelligenten Technologien an Bedeutung gewinnen.

Die gegenwärtige kritische weltpolitische Situation bewirkt nachhaltig tiefgreifende Veränderungen. Sie zwingt zum schnellen Handeln und kann somit durchaus als Chance begriffen werden, Lösungen und Märkte für eine neue Technologiekultur zu suchen.

Die Entwicklung der Wissenschaft hat zu einer neuen Dimension gesellschaftlicher Verantwortung geführt: Eine Verantwortung, die nicht nur von denjenigen zu tragen ist, Forschung betreiben, sondern auch von allen, die ihren Nutzen in Anspruch nehmen. Dies gilt besonders für die Wirtschaftsunternehmen, zielt aber letztlich auf eine Reform der politischen Zuständigkeiten, also auf die Überwindung der ministeriellen Teilung von Wissenschaft, Technologie und Wirtschaft. Die von politischer Seite proklamierte „Innovationsoffensive in Bildung, Forschung und Wissenschaft“ steht noch aus. Worte sind hier wenig nützlich: Es fehlt an wirksamen Initiativen zur Bündelung aller verfügbaren Potenziale. Wäre dies nicht eine Aufgabe für die Akademien der Wissenschaften?

Wandel der Arbeitskultur

Die technologische Industrialisierung hat tief greifende Veränderungen unserer Gesellschaft ausgelöst. Insbesondere hat sich die alltägliche Arbeitswelt durch den Fortschritt der Technik gewandelt. Die Innovationspotenziale der Wirtschaftswelt bewirken sowohl eine Anpassung der Produktionsfaktoren als auch der Arbeitskultur.

Aus der einstigen handwerklichen Selbstversorgungswirtschaft entwickelte sich eine organisierte Arbeitsteilung in Produktionsbetrieben mit gesteigerter Produktivität und verbesserter Qualität. Mechanisierung und Automatisierung führten zur systematischen Rationalisierung der Fabrikarbeit. Der Fortschritt der Technik hat einerseits die Menge an Arbeit vermindert, andererseits aber auch vermehrt, den Arbeitsort und die Arbeitszeit beeinflusst und schließlich neue Berufsbilder geprägt.

Zunehmend haben Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung, immer begleitet vom Erfindungsreichtum des Menschen im praktischen Gestalten, den Innovationsprozess der Wirtschaft vorangetrieben. Zukünftig werden die Wirtschaftsimpulse noch stärker und komplexer aus einer zunehmend interdisziplinären Wechselwirkung der Wissenschaften erwartet. Die Entwicklung führt zu einer Vernetzung globaler Arbeitspotenziale und nutzt dabei die Vorteile dezentralisierter Arbeitskulturen.

Die Güterproduktion ist ein integrierter Bestandteil des gesellschaftlichen Fortschritts geworden. Von der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen haben wir die Schwelle zu einer neuen Produktionswirtschaft schon längst überschritten. Produktivität und Qualität, aber auch Flexibilität und Zuverlässigkeit haben in der Gütererzeugung ein Niveau erreicht, das auf der Grundlage konventioneller Arbeitskulturen nicht realisierbar gewesen wäre.

Die Nützlichkeit von Wirtschaft und Technik erweist sich jedoch nicht nur in der Versorgung mit lebenswichtigen Gütern, sondern auch in einer Vermehrung der Verfügbarkeit von Freizeit. Voraussetzung für diesen Fortschritt ist eine permanente Steigerung der Ertragskraft in der Wirtschaft durch Innovationen.

Wir dürfen angesichts des hohen sozialen Anspruchs der heutigen Arbeitswelt nicht übersehen, dass die Geschichte der menschlichen Arbeit auch eine Geschichte des menschlichen Leidens war. Zeiten, in denen sich der Mensch in seiner Arbeitswelt erschöpfte, liegen noch nicht sehr weit zurück. Auch heute gibt es auf unserer Erde noch zahlreiche Arbeitswelten, in denen Menschen unter äußerster Anstrengung um die Befreiung von materieller Not ringen.

Mit der Industrialisierung der Wirtschaft veränderten sich die Arbeitswelten und Lebenswelten der meisten Menschen in tief greifender und grundlegender Weise. Der Glaube an eine Aufwärtsentwicklung, an einen Fortschritt zum Wohle der Menschheit beflügelte die Entwicklung der Technik. Die industrielle Produktionswirtschaft führte zu einer Vermehrung der Gütererzeugung und zur Entwicklung von Wohlstand, allerdings im Wesentlichen beschränkt auf Regionen mit ausgeprägter Industriegesellschaft. In den letzten Jahrzehnten ist folgender Trend zu verzeichnen:

- Die Produktion der Güter folgt ihrem Markt durch Globalisierung.
- Die Zukunft der Arbeitsmärkte ist eng verbunden mit dem Produktionsort.
- Der Schutz der Umwelt hat eine steigende Bedeutung für die Produktion.
- Produktentwicklung und Produktionsplanung konvergieren.
- Kunde, Produktion und Zulieferer vernetzen sich zunehmend.
- Die Produktion integriert sich aus den Menschen, der Organisation und Technologie als Gesamtheit.
- Produktion ist heute mehr als nur Prozessgestaltung: Die logistische Verknüpfung der Fabriken und Zulieferer hat eine Schlüsselfunktion erhalten.
- Das Selbstverständnis der Industriegesellschaft zielt auf Vertrauen zum Fortschritt.

Informationstechnik verändert die Arbeitswelt

Der sehr differenzierte und verfeinerte technologische Anspruch an industriell gefertigte Güter führt zur vermehrten Produktvariation und schnellen Produktsubstitution. Die damit verbundene Steigerung der Arbeitskosten wird durch die Weiterentwicklung der flexiblen Automatisierungstechnik kompensiert.

Die Planung und Steuerung neuzeitlicher Produktionssysteme erfolgt durch massive Unterstützung einer integrierten Informationstechnik. Sie nimmt Ein-

fluss auf Systemplanung, Programmierung, Überwachung, Instandhaltung und fordert gleichzeitig mehr Verantwortung und Selbstständigkeit der Beschäftigten.

Der Einfluss der Informationstechnik auf die Entwicklung unserer Arbeitskultur ist viel radikaler als wir es wahrhaben wollen. Die traditionell aus der Gründerzeit gewachsenen Fabrikstrukturen sind endgültig überwunden. Die Informationstechnik hat nicht nur die Ablaufbedingungen der Güterproduktion grundlegend verändert, sondern auch die Vertriebsstrategien auf gezielte Kundenorientierung umgestaltet.

Die Rechnerintegration bewirkt als Schlüsselfunktion einen permanenten Innovationsprozess in der Produktionstechnik. Durch konzertierte Aktionen ist ein Netzwerk automatisierter Produktionssysteme entstanden, das hohe Qualität und Produktivität bei hoher Flexibilität leistet, ohne den Menschen an den Arbeitstakt der Maschine zu binden. Dies ist der Wandel vom Maschinenbediener zum Maschinenbeherrscher. Veränderte berufliche Qualifikationen sind die Folge dieser Entwicklung.

Je höher Flexibilität, Komplexität und Automatisierungsgrad desto anspruchsvoller werden die Arbeitsinhalte für die Mitarbeiter. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Anpassung der Informations- und Kommunikationstechnik an die Fähigkeiten und Möglichkeiten der Menschen. Maschinen sollen von körperlicher Arbeit entlasten. Dazu gehören auch monotone gleichförmige Arbeitsrichtungen.

Andererseits besteht durch die integrierte Informationsverarbeitung die Gefahr einer Überfülle von Information. Auch sind teilweise die Aussagen nur begrenzt, so dass die Notwendigkeit der Kommentierung besteht. Die Einbindung menschlicher Intelligenz bleibt auch bei Vollautomatisierung unverzichtbar, insbesondere beim störungsbedingten Zwang zu Handlungsentscheidungen. Auf Wissen und Können beruhende Kompetenz bleibt gefragt.

Fortgeschrittene Produktionssysteme sind nicht nur durch integrierte Programmiersysteme zum flexibel automatisierten Arbeitsablauf, sondern auch durch modellorientierte Simulation zur Optimierung der Prozessabläufe fähig. Der Automatisierungsgrad von Produktionsmitteln muss sich am Anforderungsprofil der Aufgaben orientieren. Die verbliebenen Arbeitsinhalte können durchaus verschieden sein. Sie haben sich schrittweise von monotonen Bedienfunktionen zu Gunsten planender, steuernder, kontrollierender und instandhaltender Fähigkeiten verändert.

Durch die Informations- und Kommunikationstechnik sind neue Möglichkeiten der Arbeitsgestaltung von Mensch-Maschine-Systemen entstanden. Arbeitszeit, -ort und -ablauf können für Personen, die nicht unmittelbar an materialtechnische Prozessabläufe gebunden sind, freier gestaltet werden, was zu Verän-

derungen der Arbeitsordnung und zu Erweiterungen der Handlungskompetenz führt. Allerdings ist unverkennbar, dass der Fortschritt der Produktionswirtschaft mit hohen Leistungsabforderungen aller Beschäftigten verbunden ist. Die Arbeitsintensivierung nimmt zu und zwar umso mehr, je kürzer die verfügbare Arbeitszeit ist. Es wird immer schwieriger für den einzelnen Mitarbeiter, sein natürliches Bedürfnis nach Geltung und Anerkennung im Bemühen um optimale Eigen- und Fremdbewertung umzusetzen. Unsere Arbeitskultur ist herausgefordert, sich diesen Veränderungen anzupassen. Arbeitsleistung muss mit dem Streben nach dem subjektiven Optimum der Lebensgestaltung harmonisiert sein.

Wachstum durch Produktivität und Innovationen

Die globale Produktionswirtschaft konnte bisher das Problem der weltweiten Arbeitslosigkeit nicht lösen. Etwa eine Milliarde Menschen sind auf der Welt arbeitslos oder nur gelegentlich beschäftigt. Bisher hat die Globalisierung eher die Ungleichheit der Arbeitslosigkeit in den verschiedenen Ländern gefördert. Von einer integrierten Weltwirtschaft kann nicht gesprochen werden, wohl aber von einer Anpassung der verschiedenen Wirtschaftsregionen an einen gemeinsamen Trend. Ein Zurück zur traditionellen Nationalökonomie gibt es nicht. Dennoch muss vor einem Globalismus gewarnt werden. Trotz gleichzeitiger Aktivierung der globalen Wirtschaftsbeziehungen wird sich die Ungleichheit der Arbeitsmärkte weiter verstärken. Wünschenswert wäre das Gegenteil, nämlich eine Globalisierung von Lebensqualität. Aufmerksamkeit und Hoffnung richten sich zunehmend auf einen Paradigmenwandel des technologischen Fortschritts.

Allerdings kann auch eine gesellschaftsorientierte Technologiepolitik auf den Imperativ des wirtschaftlichen Erfolges nicht verzichten. Es geht einerseits um die Nutzbarmachung der so reichhaltig vorhandenen Kreativitätspotenziale, andererseits um eine systematisch betriebene Organisation qualifizierter Arbeitsleistung im industriellen Wirtschaftsverbund.

Die zentrale Bedeutung von Innovationen für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen wirft die Frage auf, ob die traditionellen Organisationsformen noch zeitgemäß sind. Beispielsweise könnten die Bereiche Marketing, Produktplanung, Konstruktion und Produktionsplanung unter einer übergeordneten Strategie zusammengefasst werden, die mit dem Begriff Innovationsmanagement verknüpft ist. Ein permanenter Innovationsdruck muss als Wirkfeld alle Entscheidungsgremien erfassen.

Für die wirtschaftliche Entwicklung ist eine kontinuierliche Erneuerung aller Ressourcen von entscheidender Bedeutung. Dies ist die Kernaufgabe jeder strategischen Unternehmensplanung. Aus der Gesamtsicht des Managements stehen

Probleme der Integration aller Leistungspotenziale, die Weiterqualifizierung der Mitarbeiter und die strategische Innovationspolitik mehr im Vordergrund als der organisatorische Ablauf der Produktionsprozesse.

Die Probleme des nachgeordneten Produktionsmanagements liegen zunehmend in der Kompensation von Planungsfehlern, Mängeln in der Software, Überwachungsschwächen und Handlungsfehlern auf Grund mangelnder Qualifikation.

Die Wettbewerbsfähigkeit der Regionen wird zunehmend vom Bildungsgrad der verfügbaren Menschen bestimmt. Spezialisten sind gefragt. Der Mangel an Ingenieuren wird die internationalen Arbeitsmärkte mobilisieren. Wissen wird zum Engpass des technologischen Fortschritts. Hier ist eine Herausforderung der Wissenschaft erkennbar. Die technologische Globalisierung leitet eine Reform der Forschungspolitik ein, die auf eine wettbewerbsorientierte Vermarktung von Wissen zielt.

Hoch qualifizierte Fachkräfte sind die ersten Gewinner dieser Entwicklung. Kompetenz in Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Planung und Marketing sind gefragt. Eingeschlossen in diesen Bedarf sind aber auch die Mitarbeiter im Umfeld des Kreativpotenzials, die sich als Leistungsträger der detaillierten Gestaltung und Umsetzung durch Zuverlässigkeit, Gründlichkeit und Erfahrung immer wieder bewähren und damit unverzichtbar sind.

Verlierer dieses Wandels der Arbeitsmärkte sind eindeutig die gering Qualifizierten. Erschreckend ist die Tatsache, dass Frauen und Jugendliche, aber auch Gastarbeiter, einen hohen Anteil dieser Gruppe von Arbeitslosen ausmachen. Hieraus leitet sich eine dringende politische Aufgabe ab, die als „Wiederbelebung des sozialen Kapitals“ beschrieben werden kann.

Neue Berufsbilder sind erforderlich

Der Erfolg eines Unternehmens hängt zukünftig mehr denn je vom Qualifikationsniveau seiner Mitarbeiter ab. Flexibilität und Innovationsfähigkeit sind unverzichtbare Ressourcen menschlicher Arbeitsleistung. Durch integrierte Informations- und Kommunikationstechnologien lassen sich neue Formen der Arbeitsgestaltung entwickeln und erhebliche Verstärkungsfaktoren zur Steigerung von Produktivität und Qualität einbringen. Qualifikationsschwäche führt zur Handlungsschwäche und damit schließlich zur Arbeitslosigkeit.

Die Produktionswirtschaft der Zukunft wird anspruchsvolle Qualifikationen der Beschäftigten benötigen, die sich nicht nur durch praktische Handlungsfähigkeit sondern auch durch analytisches Denkvermögen auszeichnen. Es werden Spezialisten benötigt, die auch gleichzeitig als Mannschaft arbeiten, ähnlich wie

auf Schiffen oder in Flugzeugen als Crew über einen Sachverstand verfügen, der einen zuverlässigen Ablauf der Produktion bewirkt. Es kommt darauf an, den Fabrikbetrieb ohne Störungen bei Erfüllung der Qualitätsanforderungen in der Produktivität schrittweise zu steigern. Technologische Leistungserbringung ist letztlich ein Ergebnis des Leistungsvermögens einer Arbeitsgemeinschaft.

Der Wettbewerbsdruck erfordert eine permanente Aktivierung der Leistungsbereitschaft und Ausschöpfung der Leistungsreserven durch Steigerung der Motivation. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die natürliche Umwelt des Einzelnen in eine Umwelt der Gemeinschaft mit wechselseitiger Orientierung und Auseinandersetzung eingebunden ist.

Arbeit ist nicht nur ein Kriterium für berufliche Qualifizierung, sie bestimmt auch den gesellschaftlichen Standort und den Erfolg der Lebensgestaltung. In einer fortgeschrittenen Industriegesellschaft hat sich die Einstellung zur Arbeit stark zu Gunsten subjektiver Kriterien verändert. Es besteht ein Trend zur Individualisierung der Arbeitsgestaltung als Teil der persönlichen Lebensgestaltung. Damit erhalten Kriterien wie Leistungsanreiz, Leistungsbewertung und Verantwortungsbereitschaft eine führende Bedeutung.

Der globale Wettbewerbsdruck wird in der Lohnpolitik zur Mäßigkeit zwingen. Es müssen mehr Leistungsanreize geboten werden. Flexibilität in der Lohnpolitik ist dringend notwendig, um den Arbeitsmarkt zu bewegen. Beschäftigung erfordert Qualifizierung. Dies kann nur durch intensive Bildungsarbeit erreicht werden. Hier ist allerdings nicht nur der Staat gefordert, auch die Wirtschaft hat ihren Anteil zu leisten. Die dynamische Entwicklung der Märkte macht es notwendig, die Arbeitszeiten dem Arbeitsbedarf flexibel anzupassen. Dies gilt auch für eine Aktivierung von Teilzeitverträgen.

Innovationen bewirken einen permanenten Investitionsdruck und damit eine Steigerung von Produktivität und Qualität. Hilfreich ist hierbei eine gezielte Innovationspolitik des Staates durch geeignete Förderprogramme, die auch eine Reform des Steuersystems einschließen. In der Industriegesellschaft hat der Dienstleistungssektor auf dem Gebiet der Informationstechnik die entscheidende Schlüsselfunktion für die Belebung des Arbeitsmarktes eingenommen. Dabei erhalten Unternehmensgründungen eine zunehmende Bedeutung als Leistungsträger des Zulieferermarktes. Das Ingenieurstudium muss sich dieser Entwicklung anpassen.

Wenn auch die demografische Entwicklung eine Begünstigung des Arbeitsmarktes erwarten lässt, so bleibt doch der Zwang zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit durch Förderung des wissenschaftlichen Fortschritts. Technologisch orientierte Arbeitskulturen stellen durch den ihnen eigenen Innovationsdruck immer wieder neue Anforderungen an das Kreativitätspotenzial der Gesellschaft, die

in ihrer Folgewirkung neue Arbeitspotenziale schaffen. Die Vermehrung wissenschaftlicher und technologischer Kompetenz führt zu einer Vermehrung von innovationsfähigen Forschungsergebnissen zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit.

Eine solche Schlüsselfunktion von Wissenschaft und Technologie wird zwar immer wieder in politischen Programmen angesprochen, doch am Ende nicht mit dem notwendigen politischen Nachdruck verfolgt.

Die „Innovationsoffensive in Bildung, Forschung und Wissenschaft“ steht noch aus. Die Gesellschaft verhält sich bemerkenswert geduldig. Die Zeit arbeitet jedoch zum Vorteil der konkurrierenden Volkswirtschaften. Es ist ein Irrtum zu glauben, dass wissenschaftliche Arbeit im Bereich der Hochtechnologie selbstläufig ist. Sie benötigt Förderung durch Investitionen und die Verfügbarkeit eines hervorragend ausgebildeten Nachwuchses.

Die zukünftigen Produktionsstrukturen verlangen nach mehr Wissen, aber auch nach Zuverlässigkeit und Gründlichkeit im menschlichen Arbeitsverhalten. Der Anteil kognitiv geprägter Arbeitsinhalte steigt bei gleichzeitiger Veränderung der Arbeitsverantwortung. Dies kann auch zu einer Überforderung des Arbeitsmarktes führen. Bei knappem Marktangebot an Fachkräften werden solche Produktionsunternehmen die Verlierer sein, die nicht rechtzeitig in ihre humanen Ressourcen investiert haben.

Technologische Globalisierung fordert Kreativität

Produktionsunternehmen können ihre Wettbewerbsfähigkeit durch technologische Erschließung neuer Märkte steigern. Ein solches Wachstum ist mit verstärkten Anstrengungen zur Innovation verbunden. Dabei richtet sich das strategische Management auf alle Bereiche technologischen Wirkens und schließt nicht nur wirtschaftliche und organisatorische, sondern auch markt- und sozialbezogene Innovationsprozesse ein.

Globalwirtschaftlich heißt dies, dass die bloße Fähigkeit zum technologischen Wettbewerb nicht mehr ausreicht. Es geht um strategische Führungsperspektiven zur Zukunftssicherung. Markterfolge werden zwar in erster Ordnung durch zielgerichtete Orientierung auf den Kunden erreicht, sind aber auf Dauer unverzichtbar vom verfügbaren Kreativpotenzial des technisch-wissenschaftlichen Fortschritts abhängig. Strategisch wirkende Innovationsprozesse zielen auf eine nachhaltige Stabilisierung jeder Produktionswirtschaft. Deren existenzielle Basis beruht auf effizienter Nutzung kreativer Ressourcen, zwar getrieben von Erfindungsreichtum im praktischen Gestalten, aber zunehmend verknüpft mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung. Dabei bestimmt der technische Fortschritt durch seine komplexe Wirkung nicht nur das Sachpotenzial unserer Wirt-

schaftswelt, sondern er durchdringt zunehmend unsere Umwelt. Er ist heute ein Teil unserer Lebenskultur.

Die Kreativität des Einzelnen hat zwar nach wie vor eine große Bedeutung, ist aber ohne gesellschaftliche Resonanz kaum noch wirksam. Jeder technologische Fortschritt ist in globale Wechselbeziehungen eingebunden. Die multinationale Industrialisierung schreitet weiter voran. Sie wird durch Phasensprünge sichtbar, die sich zwar schrittweise durch marktorientierte Innovationsschübe entwickeln, aber auf Dauer von einer zunehmenden Eigendynamik technologischer Kreativität getrieben werden.

Kreative Prozesse sind zwar an ihren realen Ergebnissen zu bewerten, aber nicht immer in ihren nachhaltigen Wirkungen voraussehbar. Die Geschichte der Technik lehrt, dass kreatives Handeln an die Realität des Gegenwärtigen gebunden sein muss, um erfolgreich sein zu können. Der Zeitgeist kann hier eine wichtige Rolle spielen und technologische Kreationen fördern oder hemmen.

Technische Handlungsprozesse zielen auf eine Funktionswelt der Nützlichkeit. Sie entstehen durch erfinderisches Denken, durch systematisches Planen und durch wirtschaftliches Bauen. Das Gebaute muss als Objektivation des Geplanten allerdings vorkalkulierbar sein.

Technisches Handeln basiert letztlich auf Wissen und Können. Dabei sind Eigenschaften wie Zuverlässigkeit und Gründlichkeit ebenso gefragt wie Organisations- und Führungsfähigkeit. Benötigt werden Spezialisten und Generalisten, die sich produktivitätszentriert ergänzen. Die Kreativität des Erfindens ist heute zunehmend in eine durch schnell verfügbares Wissen bestimmte technologische Gesamtentwicklung eingebettet. Die ordnende Systematik disziplinären Denkens reicht nicht mehr aus. Interdisziplinäre Durchdringung bestimmt zunehmend den Fortschritt.

Kreativität durch Techniekultur

Durch das komplexe Eindringen der Informationstechnik in alle Wissensgebiete hat der schöpferische Geist des Menschen Entwicklungsmöglichkeiten erhalten, die alle bisherigen Vorstellungen übertreffen. Als Folge dieser Kreativität entstehen virtuelle Systeme, die über digitale Modelle in einer Hilfwelt zur Natur betrieben werden können. Die Geschwindigkeit des technischen Fortschritts ist vom Wissenspotenzial der jeweiligen Kreativitätskapazität abhängig.

Die Digitalisierung realer Welten basiert in hohem Maße auf schöpferischen Fähigkeiten. Sie ist auch das Ergebnis einer sich dynamisch weiterentwickelnden mentalen Kunstfertigkeit des Menschen. Es handelt sich dabei um eine überwiegend rational-systematisch geprägte Kreativität gepaart mit einem unverzichtba-

ren realen Bezug. Die zukünftigen Entfaltungsmöglichkeiten virtueller Gestaltungsmittel sind immens und schwerlich voraussehbar. Die Ingenieurkunst bedient sich zunehmend einer hoch qualifizierten Modellierungstechnik, um durch Simulation die Realität des Zukünftigen mit möglichst geringem Risiko gegenwärtig zu erfahren. Eine solche Virtualisierung des Geplanten erfordert allerdings einen großen Aufwand und macht auf Dauer nur dann Sinn, wenn sie an ihrer wirtschaftlichen Wirkung gemessen wird.

Die Sicherung eines Wirtschaftsbetriebes muss kontinuierlich auf die Entwicklung und Nutzung fortgeschrittener Produktivitätspotenziale zielen. Der Erfolg im Gütermarkt basiert nach wie vor auf verbesserter Qualitäts- und Mengenleistung bei möglichst niedrigen Produktionskosten, was im Unternehmen eine permanente innovative Spannkraft zu Rationalisierung voraussetzt.

Das Technologiepotenzial der Welt ist offen. Jedoch ist der Zugang oft schwierig, besonders für mittelständische Unternehmen. Eine Schlüsselrolle spielt die Verfügbarkeit von Kreativität zur Erneuerung unserer Technologiekultur, die für die Erschließung fortgeschrittener Innovationspotenziale unverzichtbar ist. Unter Technologiekultur ist die Gesamtheit der gestaltenden Leistungen in der Technik als Ausdruck menschlicher Kreativität zu verstehen.

Unsere zukünftige Technologiekultur muss eine effektivere Kooperation von Politik, Wissenschaft und Wirtschaft bewirken, um Spitzenforschung zu ermöglichen. Dies bedeutet Förderung wettbewerbsorientierter Infrastrukturen sowohl für Grundlagenforschung als auch für angewandte Forschung. Insgesamt geht es um die Intensivierung einer leistungskreativen Technologiekultur, die eine innovative und zugleich auch produktive Unruhe am Markt bewirkt. Die Einleitung solcher Innovationen braucht den Mut zum Fortschritt.

Die Brücke zwischen wissenschaftlicher Forschung und Innovation wird durch Wissenstransfer geschlagen. Die Organisation solcher Prozesse muss letztlich auf eine Steigerung der Unternehmensproduktivität gerichtet sein. Hierzu werden Führungskräfte benötigt, die vorgegebene Leitbilder motivierend umsetzen können. Dies erfordert Risikobereitschaft und gleichzeitig Verantwortungsbewusstsein, aber auch Eigenkreativität und Engagement, Durchsetzungsvermögen und Gemeinschaftsgeist. Die Entfaltung schöpferischer Kräfte lässt sich qualitativ wie quantitativ von der jeweiligen Unternehmenskultur beeinflussen. Eine auf Innovation gerichtete Unternehmensführung wird unermüdlich versuchen, Hemmnisse zur Kreativität zu beseitigen und neue Ziele zu setzen. Alles Gegenwärtige ist im Altern begriffen. Wettbewerbsfähigkeit ist zukunftsorientiert. Die Unternehmensleitung muss erkennen, welche Einflüsse dem Ziel der permanenten Innovation kontraproduktiv gegenüberstehen. Einfachheit fördert die zeitoptimale Gestaltung von Organisationsprozessen.

Technologiemanagement als Ingenieuraufgabe

Technologiemanagement ist im engeren Sinne auf Gütererzeugung bezogen und als Lehre von der Umwandlung und Kombination der Produktionsfaktoren in Produktionsprozessen unter Nutzung materieller, energetischer und informationstechnischer Wirkflüsse zu deuten.

Wirtschaftsperspektivisch gesehen steht Technologiemanagement immer unter dem Imperativ der Optimierung. Zu den wesentlichen Funktionen des Ingenieurs als Technologiemanager gehört es, kreative Prozesse einzuleiten und Wissenserwerb zu organisieren. Für das konkrete Management im Unternehmen bedeutet dies, die technologische Innovationsfähigkeit in den Mittelpunkt zu stellen. Technologiemanagement dient der Nutzbarmachung technischen Wissens.

Die Rolle des Technologiemanagers ist die eines Befähigers seiner Mitarbeiter. Er braucht soziale Kompetenz. Der Technologiemanager muss motivieren und die zeitlichen Freiräume schaffen, ohne die innovative Prozesse nicht möglich sind. Darüber hinaus erfordert erfolgreiches Technologiemanagement Persönlichkeiten mit hoher Verantwortungsbereitschaft, überlegenem Allgemeinwissen und der Fähigkeit, sich auf das Wesentliche konzentrieren zu können. Trotz der Unschärfe in der Definition des Begriffes kann eine richtungweisende Vorstellung aus der Begriffskombination Technologiemanagement abgeleitet werden.

Allein eine kognitiv-technische Verfügbarkeit über innovative Potenziale reicht nicht aus, es kommt auf ihre effektive Nutzung an. Zur Initiierung und Durchsetzung marktentscheidender Erneuerungsprozesse bedarf es einer motivierenden Technologiekultur, die sowohl die technologischen als auch ökonomischen und sozialen Randbedingungen erfüllt.

Ingenieure können als Spezialisten oder Generalisten tätig sein, sie sind aber im Sinne der obigen Deutung immer Technologiemanager. Sie sind es deshalb, weil sie Technologie, also innovatives Wissen, zur Anwendung bringen und damit Wandlungsprozesse einleiten.

Im ganz allgemeinen Sinne umfasst Technologiemanagement Führungsaufgaben im gesamten Bereich unserer Gesellschaft. Es bezieht sich damit auch auf Wirtschaft, Verwaltung, Politik und Wissenschaft. Technologiemanagement ist so gesehen mehr als eine Managementlehre für Ingenieure, es ist eine Führungslehre für alle, die eine Verantwortung für die Entwicklung und Anwendung von Technik tragen. Eine Verdichtung der Zielsetzung des Technologiemanagements deutet auf eine Analogie zum Wissensmanagement. Wir sprechen von Wissenschaft und Forschung, aber auch von Forschung und Technologie. Technologiemanagement drängt auf Veränderung. Systeme des Alltags werden zur Gewohn-

heit. Immer wieder muss ein Ausbruch aus erstarrten Systemen eingeleitet werden. Aber das Umdenken fällt schwer; insbesondere bei vorhandenem Misstrauen gegen das Neue.

Technologietransfer als Methodik

Der Aufbruch zu einer neuen Technologiekultur wird ohne Integration von neuem Wissen weder die Qualitätsanforderungen noch die Beherrschung der Produktivitätsfaktoren erfüllen können. Auch die zukünftige Forschung muss sich diesen Anforderungen anpassen und enge Wechselbeziehungen zur industriellen Realität entwickeln. Technologische Forschung zielt auf Erkenntnisse zur wirtschaftlichen Umsetzung, das heißt, technologische Forschung ist in ihrem Kern Technologietransfer. Hierbei kommt der Empirie gegenüber der Theorie ein Primat insofern zu, als technologische Forschung in der Regel mit der empirischen Analyse bereits realisierter technischer Lösungen beginnt, um dann zu neuen Prinziplösungen zu gelangen. Technologietransfer ist die gezielte Vermittlung technischen Wissens und Könnens zur Anwendung mit dem Ziel einer schnellen und wirtschaftlichen Vermarktung.

Die Methodik des Technologietransfers steht erst am Anfang ihrer Entwicklung. Es fehlen spezifische Untersuchungen der methodologisch relevanten Einflussfaktoren auf den Transferprozess. Forschungsbedarf besteht auch hinsichtlich der Bestimmung des Wirkungsgrades der verschiedenen institutionellen Formen, in denen Technologietransfer gegenwärtig stattfindet.

In allen Wirtschaftsregionen der Welt besteht Übereinstimmung hinsichtlich der Notwendigkeit, die Umsetzung neuer Erkenntnisse der Forschung in nutzbare und marktfähige Produkte zu beschleunigen. Hemmnisse liegen oft in den Vorbedingungen der Ideenproduktion, also im Bereich der Wissenschaft. Andererseits ist neben Kreativität auch marktbezogene Sachkenntnis erforderlich sowie reale Wettbewerbserfahrung.

Technologietransfer umfasst zunehmend mehrere Fachdisziplinen. Durch Zusammenwirken verschiedener Funktionen werden die Produkte komplexer, so dass prototypischen Erprobungen durch Virtualisierung eine große Bedeutung zukommt. Auch digitale Modelle benötigen den Rückfluss der Erfahrungen aus der Anwendung. Durch Bündelung des differenzierten Forschungspotenzials kann eine schnelle Antwort auf aktuelle Fragestellungen gegeben werden.

Grundlagenforschung, angewandte Forschung, Innovation und Technologietransfer müssen sich fachspezifisch zu einer neuen Technologiekultur durchdringen. Hierzu ist es auch notwendig, die Produktivität technologischer Forschung zu verbessern und gleichzeitig das Risiko der Innovationsprozesse zu mindern.

Mit anderen Worten heißt dies: mehr Druck aus der Forschung und weniger Scheu vor dem Neuen.

Technologiesprünge sind selten, der Fortschritt ist meist evolutionär. Jedoch verursacht die zeitliche Streckung des Innovationsprozesses oft höhere Kosten als die eigentliche Erfindung selbst. In diesem Zusammenhang muss auch auf den hohen Kostendruck hingewiesen werden, der in einer modernen Forschung unverzichtbar ist, um Spitzentechnologie zu realisieren.

Die Förderung eines forschungsintensiven Technologietransfers wird zu einem hohen Anteil durch staatliche Subventionen getragen. Dies geschieht durch intensive Förderung von Schlüsseltechnologien, durch Anreizsysteme zur Unternehmensgründung, auch durch Beauftragung im wehrtechnischen Bereich. Allerdings sollte das Fördersystem des Staates so organisiert sein, dass ein Innovationsdruck entsteht, dem Wissenschaft und Wirtschaft nicht ausweichen können. Hiermit ist dann eine Belebung des Arbeitsmarktes verbunden, wenn der eingeleitete Technologietransfer personengebunden abläuft. Die Weiterentwicklung einer anspruchsvollen Technologiekultur hängt zunehmend vom individuellen Können und Wissen der Arbeitspersonen ab. Dem Bildungssystem der zukünftigen Industriegesellschaft fällt daher eine wichtige Schlüsselrolle zu. Technologietransfer stellt sich als eine neue Dimension von kultureller Verantwortung dar. Gefordert wird nicht nur Kompetenz, sondern auch strategisches Denkvermögen und die Kraft zur motivierenden Durchsetzung.

Technologietransfer steht durch Wettbewerbsdruck unter Zeitzwang. Insbesondere gilt dies für aktuelle Probleme am Arbeitsmarkt, die schnelle und wirkungsvolle Lösungen erfordern.

Technologiekultur im Spannungsfeld

Eine neue Technologiekultur als Managementaufgabe ist der Schlüssel zur Lösung der aktuellen Probleme, die aus der Dynamisierung und Globalisierung der Wettbewerbsbedingungen resultieren. Durch Besinnung auf die kreativen Leistungspotenziale unserer Industriegesellschaft haben wir gute Chancen, den Weg in die Erneuerung erfolgreich zu beschreiten.

Neuorientierungen industrieller Produktionssysteme vollziehen sich unter dem Einfluss eines zunehmend schnelleren Wandels des unternehmerischen Umfeldes: Es lässt sich ein Konsens darüber feststellen, dass die betrieblichen Umfeldfaktoren, wie die technologische Entwicklung, die weltweiten politischen und wirtschaftlichen Konstellationen, die Erwartungshaltung der Bevölkerung oder das langfristige Verbraucherverhalten, dynamischer und auf Grund der vielfältigen Wirkbeziehungen komplexer werden. Eine auf Identifikation von Chancen und

Risiken gerichtete, handlungsleitende Abschätzung der weiteren Entwicklung gestaltet sich für Entscheidungsträger zwar zunehmend schwieriger, ist aber dennoch unverzichtbar.

Schon lange zeichnet sich eine Gewichtsverlagerung zwischen Industriesektor und Dienstleistungssektor ab, mit kulturellen Wirkungen auf die Beziehungen und die Arbeitsteilung zwischen den Wirtschaftseinheiten der globalen Industriegesellschaft. Dabei kann nachgewiesen werden, dass innerhalb des Dienstleistungssektors die informationsorientierten Dienstleistungen von zunehmender Bedeutung sind. Konventionelle Dienstleistungen weisen stagnierende oder rückläufige Tendenzen auf. Es kann damit für die weitere Entwicklung weniger von einer „Dienstleistungsgesellschaft“, jedoch von einer Entwicklung in Richtung einer technologiegeprägten Wissensgesellschaft gesprochen werden.

In dieser Sichtweise wird neben der industriellen Produktion die Beherrschung von Information und Kommunikation über die Zukunft einer Volkswirtschaft entscheiden. Der Schwerpunkt der Innovationspotenziale eines solchen quartären Sektors liegt in Ausbildung, Forschung, Entwicklung, Planung und Organisation. Wenn keine Kurskorrekturen in unserem Bildungssystem erfolgen, ist die Annahme begründbar, dass sich zukünftig die Schere im Arbeitsmarkt zwischen Bedarf und Angebot weiter öffnet.

Strategien und Maßnahmen mit dem Anspruch auf Zukunftsgestaltung unserer Technologiekultur müssen sich vorrangig auf jene Technologiefelder und Marktsegmente konzentrieren, in denen die eigenen Stärken Wettbewerbsvorteile verschaffen sowie neue langfristige Wachstumsperspektiven erkennbar werden. Oft schärft die historische oder räumliche Distanz den Blick auf die eigene Wirklichkeit.

Es gilt, durch eine breite Leistungsoffensive in Forschung, Lehre und Praxis die Voraussetzungen für die Umsetzung innovativer Ideen zu schaffen. Es kommt nicht nur auf die Kompositeure, sondern auch auf die Virtuosität des Orchesters und die Kreativität des Dirigenten an.

Literatur

Spur, G., Technologie und Management. München-Wien: Carl Hanser Verlag 1998.

WERNER EBELING & ANDREA SCHARNHORST

Technische Evolution aus der Sicht der Theorie der Selbstorganisation

1. *Einleitung*

Die Theorie der Selbstorganisation – in jüngerer Zeit auch Komplexitätsforschung genannt – hat sich besonders im letzten Jahrzehnt der Beschreibung sozio-ökonomischer Probleme zugewandt. Bereits am Beginn der Entwicklung des Selbstorganisationsparadigmas hat das Innovationsproblem einen spezifischen Platz eingenommen, etwa in den Schulen in Brüssel (Prigogine) und in Stuttgart (Haken). Das Innovationskonzept wird verbunden mit Instabilitäten, der Rolle von Fluktuationen und Strukturbildung interpretiert. In diesem Zusammenhang wird technische Evolution konzeptionell eingebettet und modelliert. In gewisser Hinsicht nimmt die evolutionäre Ökonomie¹ damit die Ideen von Schumpeter und anderen Pionieren wieder auf.²

In dieser Betrachtungsweise wird die alte Frage, aus welcher Eigengesetzlichkeit heraus technologischer Wandel jahrhundertlang immer wieder neue Lösungen erzeugt hat, in den allgemeinen Evolutionszusammenhang eingebettet. Ebenso wie die Mutationen in der biologischen Evolution sind die Innovationen das entscheidende Moment für das Auftreten des Neuen in der technischen Evolution. Technische Evolution kann nicht rational gesteuert, nicht administrativ angewiesen oder politisch gewollt werden. Ihr Wirken entspricht einer evolutionären Gesetzmäßigkeit, aber ihre einzelne Erscheinung ist immer auch Zufälligkeiten unterworfen. Die Sicht auf Innovationen als stochastischen Instabilitäten³ eines sozialen, ökonomischen, technologischen oder politischen Systems eröffnet daher

- 1 Witt, U. (Ed.) 1993 *Evolutionary Economics*, Elgar, Aldershot. Für eine Einführung und zahlreiche Literaturhinweise siehe auch Andersen's Evolutionary Economics Site <http://www.business.auc.dk/evolution/evolecon/welcome.html>
- 2 Hodgson, G.M. (Ed.), *The Foundations of Evolutionary Economics 1890-1973*, Volume I u. II. Cheltenham: Edward Elgar 1998.
- 3 Jiménez-Montaño, M.A. / Ebeling, W., A Stochastic Evolutionary Model of Technological Change. - In: *Collective Phenomena*. 3(1980), S. 107 – 114; Bruckner, E. / Ebeling, W. / Scharnhorst, A., Stochastic Dynamics of Instabilities in Evolutionary Systems. - In: *System Dynamics Review*. 5(1989), S. 176 – 191.

nicht nur die Möglichkeit einer Brückenbildung zu physikalischen Evolutionstheorien⁴, es erweist sich auch als konstruktiv für das Verständnis der Rolle von Unsicherheit und Risiko in gesellschaftlichen Zusammenhängen. Innovationen und ihre Durchsetzung sind das Resultat von Handlungskoordination zwischen Hunderttausenden oder sogar Millionen von Individuen in der Gesellschaft. Im Endeffekt funktioniert diese koordinierte Aktion so, dass sie im Resultat zu immer wieder neuen, produktiven Systemlösungen führt.

In evolutionsorientierten Theorien, zu denen wir auch unseren Zugang rechnen, stellt der Innovationsbegriff einen zentralen Begriff dar.⁵ Innovationen nehmen im Kontext der ökonomischen Entwicklungsauffassungen, im besonderen in der evolutionary economics⁶, eine Schlüsselrolle ein. Neben dem Rückgriff auf

- 4 Ebeling, W., Das Neue in der natürlichen und technischen Evolution. - In: Das Neue. Seine Entstehung und Aufnahme in Natur und Gesellschaft. Hrsg. von H. Parthey Berlin: Akademie-Verlag 1990. S. 19 - 44; Bruckner, E. / Ebeling, W. / Jiménez-Montaño, M.A. / Scharnhorst, A., Nonlinear Stochastic Effects of Substitution - An Evolutionary Approach. - In: Journal of Evolutionary Economics. 6(1996)1, S. 1 - 30; Ebeling, W. / Jiménez-Montaño, M.A. /Karmeshu, Dynamics of Innovations in Technology and Science Based on Individual Development. - In: F. Schweitzer (Hrsg.), Self-Organization of Complex Structures. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers 1997. S. 407 - 414; Bruckner, E. / Ebeling, W. / Scharnhorst, A., Technologischer Wandel und Innovation - Stochastische Modelle für innovative Veränderungen in der Ökonomie. - In: Evolution und Selbstorganisation in der Ökonomie. Hrsg. von F. Schweitzer / G. Silverberg. Berlin: Duncker-Humblot, 1998. S. 361 - 382; Ebeling, W. / Scharnhorst, A., Evolutionary Models of Innovation Dynamics. - In: Traffic and Granular Flow -99- Social, Traffic, and Granular Dynamics. Ed. by D. Helbing / H.J. Herrmann / M. Schreckenberg / D.E. Wolf. Berlin: Springer 2000. S. 43 - 56; Scharnhorst, A., Evolution in Adaptive Landscapes-Examples of Science and Technology Development. Discussion Paper FS II 00 - 302, WZB 2000. (Paper: http://www.wz-berlin.de/nu/pdf/ii00_302.pdf) Later published in: Collaboration in Science. Ed. by F. Havemann / H. Kretschmer. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. S. 118 - 142.
- 5 Nelson, R.R. / Winter, S.G., An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge, Mass. 1982; Dosi, G. / Freeman, C. / Nelson, R.R. / Silverberg, G. / Soete, L. (Hrsg.), Technical Change and Economic Theory. London 1988; Saviotti, P.P. / Metcalfe, J.S. (Eds.), Evolutionary Theories of Economic and Technological Change. Chur 1991; Leydesdorff, L. / van den Besselaar, P. (Hrsg.), Evolutionary Economics and Chaos Theory: New Directions in Technology Studies. London 1994; Ziman, J.M. (Hrsg.), Technological Innovation as an Evolutionary Process. Cambridge: Cambridge University Press 2000.
- 6 Haag, G. / Mueller, U. / Troitzsch, K.G. (Eds.), Economic Evolution and Demographic Change: Formal Models in Social Sciences. Berlin 1992; Day, R.H. / Ping Chen (Eds.), Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics. New York 1993; Beckenbach, F. / Diefenbacher, H. (Eds.), Zwischen Entropie und Selbstorganisation: Perspektiven einer ökologischen Ökonomie. Marburg 1994; Burley, P. / Foster, J. (Eds.), Economics and Thermodynamics: New Perspectives on Economic Analysis. Boston 1994; Goonatillake, S. / Treleven, Ph. (Eds.), Intelligent Systems for Finance and Business. Chichester 1995.

Vorstellungen der biologischen Evolution haben auch moderne naturwissenschaftliche Theorien der nichtlinearen Dynamik, der Selbstorganisationsprozesse und der Chaostheorie die Theorienbildung nachhaltig beeinflusst. In der evolutionären Ökonomik spielen die Ideen der Selbstorganisation sowohl bei der Entwicklung konzeptioneller Überlegungen als auch in modelltheoretischer und mathematisch-methodischer Hinsicht eine wichtige Rolle. Dabei sind eine Reihe von Modellen im Rahmen der Methodologie der Selbstorganisationstheorie entwickelt worden.⁷

2. *Das Neue im Rahmen eines stochastischen Modells*

Eine technologische Innovation ist im Sinne unserer Betrachtungen das erstmalige Auftreten eines neuen technischen Verfahrens in der praktischen Anwendung.

Eine Innovation setzt sich im System durch und breitet sich aus, wenn mehr individuelle Unternehmen sie einführen.

Die entsprechenden mathematischen Modelle sind bisher vorwiegend *diskrete Modelle*⁸. Das heißt es wird zwischen verschiedenen Typen von Technologien unterschieden, die miteinander im Wettbewerb stehen. Eine Innovation ist immer ein singuläres Ereignis und ihr Durchsetzungsprozess hängt auch von zufälligen Ereignissen ab. Am besten kann dies durch stochastische Prozesse repräsentiert werden. Für Prozesse des technologischen Wandels sind diskrete Modelle zum Beispiel für die Beschreibung von Substitutionsprozessen zwischen verschiedenen Technologien entwickelt worden. Beispiele hierfür sind Lotka-Volterra-Systeme,

7 Als Beispiel für relativ frühe Arbeiten siehe: Allen, P.M. (Ed.), Management and Modelling of Dynamic Systems. - In: European Journal of Operational Research 1986, vol 25; Batten, D., On the Dynamics of Industrial Evolution. - In: Regional Science and Urban Economics. 12(1982), S. 449 - 462; Haag, G. / Weidlich, W. / Mensch, G.O., The Schumpeter Clock. - In: Batten, D. / Casti, J.L. / Johansson, B., Economic Evolution and Structural Adjustment. Berlin 1987, S. 187 - 226; Silverberg, G., Embodied Technical Progress in a Dynamic Economic Model: the Self-Organization Paradigm. - In: R.M. Goodwin / M. Krüger / A. Vercelli (Eds.), Nonlinear Models of Fluctuating Growth. Berlin 1984. S. 192 - 208.

Zu nichtlinearen Ansätzen in der ökonomischen Modellierung vgl.: Goodwin/Krüger/Vercelli, 1984 (ebenda); Arthur, W.B., Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events. - In: The Economic Journal. 99(1989), S. 116 - 131; Barnett, W.A. / Geweke, J. / Shell, K. (Eds.), Economic Complexity: Chaos, Sunspots, Bubbles, and Nonlinearity. Cambridge 1989; Lorenz, H.-W., Nonlinear Dynamical Economics and Chaotic Motion. Berlin 1989; Day, R.H. / Ping Chen (Eds.), Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics. New York 1993; Kwasnicki, W., Knowledge, Innovation and Economy. Cheltenham: Edward Elgar 1996; Schweitzer, F. (Ed.), Self-Organization of Complex Structures. London 1997; Schweitzer, F., Modelling Migration and Economic Agglomeration with Active Brownian Particles. - In: Advances in Complex Systems. 1(1998)1, S. 11 - 37.

Replikatoransätze und diskrete stochastische Modelle Dabei bilden Technologien, die sich in Produkttypen oder verschiedenen Herstellungsprozessen spiegeln, die (technologischen) Populationen.

In diskreten Modellen werden die Populationen formal durch die Zahl x_i von Elementen eines bestimmten Typs i beschrieben. Dabei kann x_i auch für den Anteil eines Typs an einer Gesamtpopulation der Größe N stehen. Dann ist x_i eine rationale Zahl. Der Zustand des Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt t ist durch die Werte der Besetzungszahlen x_i aller im System befindlichen Populationen zum Zeitpunkt t charakterisiert. Im Fall diskreter Werte der Besetzung geht man zu ganzzahligen Besetzungszahlen N_i über und benutzt den Mastergleichungs-Formalismus.⁹ Mit Hilfe dieses Formalismus wird individuelles Verhalten auf der Mikroebene spezifisch mit dem Trendverhalten des Systems auf der Makroebene verknüpft. Zwar werden die einzelnen Populationen diskret - und damit in einem gewissen Sinne typologisch - beschrieben, die Systemdynamik aber resultiert aus Regeln für das Verhalten der einzelnen Mitglieder der Population.¹⁰ Das stochastische Bild, das nur Wahrscheinlichkeitsaussagen über die individuellen Aktionen macht, sichert die Variabilität innerhalb der Population und ermöglicht damit die Beschreibung von Evolutionsprozessen. Die Relevanz solcher - im doppelten Sinne diskreter - stochastischer Modelle insbesondere zur Beschreibung von Neuerungsprozessen ergibt sich daraus, dass eine neue Qualität in der Regel nicht kontinuierlich aus der alten hervorgeht, sondern in ihrem ersten Ex-

- 8 Zum Verhältnis von diskreten und kontinuierlichen Modellen siehe: Ebeling, W. / Scharnhorst, A. / Jiménez-Montaño, M.A. / Karmeshu, Evolutions- und Innovationsdynamik als Suchprozess in komplexen adaptiven Landschaften. - In: Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft. Hrsg. von K. Mainzer. Berlin: Springer 1999. S. 446 – 473. (Paper <http://www.phil.uni-augsburg.de/dgksnd/>)
Zur Anwendung von kontinuierlichen Modellen auf Prozesse des technologischen Wandels siehe: Ebeling, W., Karmeshu, Scharnhorst, A., Dynamics of Economic and Technological Search Processes in Complex Adaptive Landscapes. - In: Advances in Complex Systems. 4(1) (2001), S. 77 – 88.
- 9 Für den mathematischen Formalismus vergleiche etwa: Ebeling, W. / Feistel, R., Physik der Selbstorganisation und Evolution. Berlin 1982; Weidlich, W. / Haag, G., Concepts and Models in Quantitative Sociology. Berlin 1983.
- 10 Die individuellen Verhaltensmöglichkeiten werden dabei auf Übergangsprozesse zwischen Systemzuständen abgebildet, wobei sich maximal zwei Besetzungszahlen gleichzeitig ändern können. Die Systemdynamik ist vollständig durch die Übergangswahrscheinlichkeiten definiert, die vom vorherigen Zustand abhängen können und durch Systemparameter gewichtet werden. Letztere stehen mit den Systemparametern des deterministischen Trendverhaltens in Beziehung. Zu den Elementarprozessen gehören Zugangs- und Abgangsprozesse von Individuen oder Elementen zu/aus einer Population und zu/aus dem System; und Übergangsprozesse von Elementen zwischen den Populationen.

emplar als Ergebnis eines sprunghaften Prozesses plötzlich erscheint. Der Mastergleichungs-Formalismus mit seinen ganzzahligen Besetzungszahlen ist daher als Modell der Entstehung und Durchsetzung von Innovationen gut geeignet, wobei dem Sprung von Null auf Eins, der die Entstehung der neuen Qualität dokumentiert, spezifische Bedeutung zukommt.¹¹

Das erste Auftreten einer neuen Technologie im System (Makroebene) kann nur in ihrer Einführung durch ein Unternehmen (Mikroebene) bestehen. Mikro- und Makroebene werden in diesem Fall beide durch den gleichen Prozess charakterisiert, der auf beiden Ebenen Neuerungscharakter hat. Insofern spielt bei der Besiedlung der technologischen Populationen der Sprung von Null auf Eins eine besondere Rolle. Die nun folgende Phase der Durchsetzung der neuen Technologie ist indessen durch Wachstum bedingt, d.h. durch Prozesse, die auf der Ebene des Systems keinen Innovationscharakter (im Sinn der Erscheinung einer neuen Qualität) mehr haben. Auf der Ebene der Unternehmen (Mikroebene) wird die Durchsetzung der neuen Technologie von einer Vielzahl von Prozessen begleitet, die je spezifisch sehr unterschiedlichen Charakter haben können, jedoch makroökonomisch alle zu dem gleichen Resultat beitragen. Einige von ihnen haben für die Ebene des Unternehmens (auf unterschiedliche Weise) Neuerungscharakter, andere nicht. Neu für das Unternehmen kann sowohl die Übernahme der neuen Technologie sein als auch einer etablierten, die beide schon in anderen Unternehmen des Systems Verwendung finden. Diese mikroökonomische Erneuerung kann überdies auf ganz unterschiedliche Weise erfolgen, je nachdem ob die Anwendung der neuen Technologie mit dem Aufbau einer neuen Firma bzw. einer neuen Produktionseinheit eines bestehenden Unternehmens einhergeht oder ob sie in der Ersetzung einer alten Technologie in einer bestehenden Firma bzw. Produktionseinheit besteht. Ferner kann zur Durchsetzung der neuen Technologie ein Prozess beitragen, der mikroökonomisch keinerlei Neuerungscharakter hat, etwa wenn in einem bestehenden Unternehmen, das die neue Technologie bereits anwendet, eine weitere Produktionseinheit mit dieser Technologie hinzugefügt wird. In diesem Sinne tragen unterschiedliche Elementarprozesse, die im Modell zu spezifizieren sind, zur Durchsetzung der neuen Technologie im System bei.

11 Das zentrale Argument dabei ist, dass die Entstehung des Neuen immer ein singuläres, individuelles Ereignis ist (d.h. mathematisch ein diskretes Ereignis im Sinne einer Übergang von $N_n=0$ auf $N_n=1$, n steht dabei für eine bis dato nicht besiedelte also für das System nicht existente Population). Ein solcher Übergang kann nicht adäquat mittels kontinuierlich variierender Systemvariablen abgebildet werden (s.a. Bruckner/Ebeling/Scharnhorst 1996 (siehe Fußnote 5); Bruckner, E. / Ebeling, W. / Jiménez-Montaño, M.A. / Scharnhorst, A., *Technological Innovations - a Self-Organisation Approach*, WZB papers FS II 93-302, Berlin 1993).

Betrachten wir dazu ein Modellbeispiel aus der Klasse der diskreten Modelle.¹² Nehmen wir an, technologischer Wandel ließe sich in einem System von Technologien (Populationen) beschreiben, die jeweils um Firmen bzw. Produktionseinheiten innerhalb von Firmen konkurrieren. Die Konkurrenz zwischen Firmen, deren *differentia specifica* die Einführung bzw. Übernahme einer neuen Technologie ist, wird damit auf ein quasi inverses Problem - der Konkurrenz von Technologien um Firmen - transformiert. Führen wir als abstrakte Größe eine Produktionseinheit ein, die jeweils einem bestimmten Kapitalbestand bzw. einer Produktionsgröße entspricht. Dann können Wachstums- und Schrumpfungsprozesse von Firmen auf die Zu- bzw. Abnahme der Anzahl von Produktionseinheiten projiziert werden. Damit bilden Produktionseinheiten von Firmen, die eine bestimmte Technologie benutzen bzw. einführen, die Elemente des Systems. Ihre Anzahl fungiert als Besetzungszahl. Mittels des Modells kann das Auftreten des Neuen in diesen verschiedenen Kategorien klassifiziert und entsprechenden Elementarprozessen der Systemdynamik zugeordnet werden.¹³

Der Substitutionsprozess einer Technologie innerhalb einer Firma durch eine andere Technologie infolge von Imitation verändert den „technologischen“ Zustand der Firma, ohne dass damit im System neue Elemente (Produktionseinheiten, Firmen oder Technologien) auftreten müssen. Bestimmte Rekombinationen allerdings verändern die Struktur des Systems. Immer wenn es durch Firmenneugründung, Erweiterung von Kapazitäten in neue technologische Bereiche oder technologische Veränderungen in bestehenden Produktionseinheiten zu einer im System als neu zu klassifizierenden Technologie kommt, ist die Möglichkeit für eine Strukturveränderung gegeben. Das Modell bietet die Möglichkeit, verschiedene Erneuerungsprozesse zu klassifizieren¹⁴, sie mit Elementarprozessen auf der Mikroebene zu verbinden und sie gleichzeitig in ihrer möglichen Auswirkung auf die Systemstruktur auf der Makroebene zu untersuchen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Auftreten von Innovationen auf der Ebene des Gesamtsystems immer mit Instabilisierung eines bestehenden und

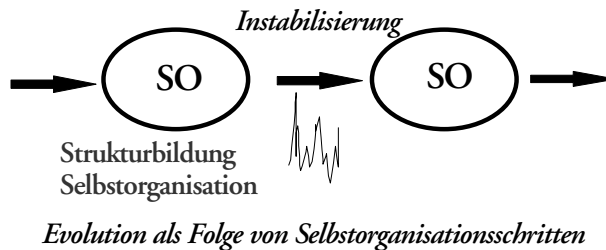
12 Siehe Bruckner/Ebeling/Jiménez-Montaña/Scharnhorst 1993 (siehe Fußnote 12), Bruckner/Ebeling/Jiménez-Montaña/Scharnhorst 1996 (siehe Fußnote 5).

13 In der mathematischen Beschreibung nutzt dieses Modell in seiner stochastischen Form den bereits erwähnten Mastergleichungsformalismus. Die einzelnen Technologien $i=1, \dots, n$ sind durch Besetzungszahlen N_i charakterisiert, deren Veränderung ($N_i \rightarrow N_i \pm 1$) entsprechend bestimmter Übergangswahrscheinlichkeiten erfolgt. Für die Übergangswahrscheinlichkeiten wird dabei ein generalisierter Fisher-Eigen Formalismus benutzt. Für Details des Modells und insbesondere dessen mathematischer Formalisierung sei auf die folgenden Literaturstellen verwiesen (Jiménez-Montaña/Ebeling (siehe Fußnote 4), Bruckner/Ebeling/Jiménez-Montaña/Scharnhorst 1993 (siehe Fußnote 12); diess. 1996 (siehe Fußnote 5)).

14 Siehe dazu Bruckner/Ebeling/Scharnhorst 1998 (siehe Fußnote 5).

Restabilisierung eines neuen Zustandes in einem weiteren Selbstorganisations-schritt verbunden ist (Abbildung 1).

Abbildung 1: *Evolution als Folge von Selbstorganisationsschritten*



Die Durchsetzung des Neuen, d.h. die Etablierung der Innovation im System im Verlauf eines Selektionsprozesses kann dabei zu einer Vergrößerung¹⁵, Verkleinerung¹⁶ oder Veränderung¹⁷ des Populationspools des Systems führen. In der Klasse der diskreten Modelle wird damit die Zahl der konkurrierenden Populationen - der Teilsysteme im System - zu einer zeitlich variablen Größe. Die mathematische Behandelbarkeit solcher systemstruktureller Veränderungen im Rahmen formaler Modelle wirft eine Reihe von Fragen auf. In der Simulation eines diskreten Systems können neue Varianten mit bestimmten Eigenschaften zufällig erzeugt und den herrschenden Wachstums- und Konkurrenzprozessen unterworfen werden. Dann sind zum Beispiel Fragen nach dem Einfluss von Innovationsraten auf den Verlauf von Trajektorien der Systementwicklung möglich. Für eine analytische Beschreibung (etwa im Rahmen eines diskreten deterministischen Modells) ergeben sich eher Schwierigkeiten, da sich mit jeder neuen Population die Taxonomie des System verändert. Es tritt eine neue Systemvariable und entsprechend eine neue Differentialgleichung auf. Eine Möglichkeit der Approximation eines im Grunde als infinit anzunehmenden evolutionären Prozesses besteht in der Annahme eines hinreichend großen finiten Modells, bei dem die meisten möglichen Populationen nicht besetzt sind (sog. *underoccupied systems*).¹⁸

15 Etwa wenn eine neue Technologie mit neuen Anwendungsbereichen zu den herrschenden Technologien (ergänzend) dazukommt.

16 Etwa wenn eine neue Technologie zum allmählichen Verschwinden einer Reihe von Technologien führt.

17 Etwa wenn eine bestehende Technologie durch eine andere ersetzt wird.

18 Ebeling, W. / Sonntag, I., A Stochastic Description of Evolutionary Processes in Underoccupied Systems. - In: BioSystems. 19(1986)2, S. 91 - 100.

3. *Innovationen als technologische Substitutionsprozesse*

Betrachten wir den Substitutionsprozess zwischen zwei Technologien (Ersetzungsprozess einer bestehenden Technologie durch eine neue, bessere Technologie). Dabei handelt es sich um ein Problem, das bereits seit Anfang der 60er Jahre mathematisch modelliert wird¹⁹. Wir unterscheiden im folgenden zwischen Innovationen erster und zweiter Art. Unter einer Innovation erster Art verstehen wir einen Durchsetzungsprozess, der einem linearen Wachstumsgesetz folgt und mit einem sog. normalen Selektionsprozess verbunden ist. Eine Innovation zweiter Art liegt dann vor, wenn der Durchsetzungsprozess einem quadratischen Wachstumsgesetz folgt und eine hyperselektive Situation vorliegt. Der „klassische“ Substitutionsprozess stellt eine Innovation erster Art dar. Dabei wird die Durchsetzung einer neuen Technologie in Form eines S-förmigen, im wesentlichen logistischen Wachstums des Anteils dieser Technologie am gemeinsamen Markt beschrieben. Dieser Substitutionsprozess kann als Resultat eines Wettbewerbs zwischen zwei technologischen Populationen verstanden werden. Verschiedene aus diesem Ansatz hervorgegangene Modellentwicklungen dienen dabei vor allem einem besseren Verständnis der Mechanismen der Innovationsdiffusion, sowohl in Hinblick auf die Verknüpfung von ökonomischen und technologischen Prozessen als auch bezüglich der Rolle von Zufallsprozessen auf der Mikroebene der Akteure. Insbesondere die stochastische Beschreibungsweise öffnet ein Möglichkeitsfeld zwischen extremen Situationen wie „das (bessere) Neue setzt sich immer durch“ auf der einen Seite²⁰ und „das Vorherrschende blockiert die Entwicklung, so dass sich Neues nicht durchsetzen kann“²¹ auf der anderen Seite.

Betrachten wir als Illustration dafür zunächst die - von Brian Arthur²² eingeführte - Modellierung einer Konkurrenzsituation zwischen zwei alternativen Technologien mit Hilfe eines stochastischen Polya-Urnen-Prozesses.²³ Ob die fortlaufenden Entscheidungen der Akteure für die eine oder die andere Technologie zu einer Koexistenz oder Selektion zwischen den beiden Alternativen führt,

19 Siehe dazu die klassischen Arbeiten von *Mansfield* (Mansfield, E., *Technical Change and the Rate of Imitation*. - In: *Econometrica*. 29(1961), S. 741 - 766 und *Fisher* und *Pry* (Fisher, C. / Pry, R.H., *A Simple Substitution Model of Technological Change*. - In: *Technological Forecasting and Social Change*. 3(1971), S. 75 - 88.

Für einen Überblick über Arbeiten zu Innovationsausbreitung in den 60ern einschließlich erster Simulationsmodelle siehe auch: Rogers, E.M., *Diffusion of Innovations*. New York 1962, 1. Aufl., New York 1995, 4. Aufl.

20 einfache oder Darwinsche Selektion.

21 Hyperselektion

22 Arthur, W.B., *Competing Technologies: an Overview*. - In: *Dosi/Freeman/Nelson/Silverberg/Soete* (siehe Fußnote 6), pp. 590 - 607; *ders.* (siehe Fußnote 8).

hängt bekanntlich von der Art der Verknüpfung der zu erwartenden Erträge (returns) mit dem bisherigen Verlauf des Diffusionsprozesses zusammen. Im Fall der Existenz von Netzwerkeffekten (increasing returns) beobachtet man das Auftreten von absorbierenden Barrieren. Wächst in dem stochastischen Entscheidungsprozess die Differenz zwischen den Nutzern der zunächst in einem gewissen Sinne gleichwertigen Technologien über einen kritischen Wert, so beobachtet man eine Symmetriebrechung im Sinne des konsequenten Einlaufens in eine der Technologien („Lock-in“) und den Ausschluss der anderen Alternative. In diesem Fall gewinnt die Technologie, die zuerst eine gewisse „kritische Masse“ erreicht. Das Auftreten von „Lock-ins“ ist ein Langzeiteffekt, zwischenzeitlich ist Koexistenz möglich. Die Geschwindigkeit des Einlaufens in die absorbierenden Zustände hängt wesentlich von der Größenordnung des Netzwerkeffektes ab. Dabei können verschiedenen Einflüsse einen beginnenden „Lock-in“-Prozess auch umkehren. Einflüsse von Anfangsbedingungen, Marktgröße und der Natur der modellierten elementaren Entscheidungsprozesse auf der Akteursebene auf den Durchsetzungsprozess technologischer Innovationen sind auch in anderen Modellkontexten untersucht worden. Die Resultate führen zu differenzierteren Aussagen über System-Umwelt-Bedingungen, unter denen sich Innovationen in einem System behaupten können. Modifikationen des Systemverhaltens durch die Berücksichtigung von Fluktuationen haben auch die Autoren des vorliegenden Beitrags bei der Modellierung des Substitutionsprozesses zwischen konkurrierenden Technologien mit Hilfe eines speziellen stochastischen Evolutionsmodells untersucht.²⁴ Am Beispiel dieses Modellansatzes wollen wir in diesem Abschnitt der Frage nachgehen, wie mögliche Aussagen derartiger Modelle über die Bedingungen von Innovationsprozessen zu bewerten sind. Dabei werden die grundlegenden Modellannahmen, mögliche Modellaussagen und ihre empirische Relevanz dargestellt.²⁵

Den Ausgangspunkt bildet ein stochastischer Entscheidungsprozess²⁶, wobei die Wahl zwischen zwei Technologien durch bestimmte Wahrscheinlichkeitsraten festgelegt wird. Durch eine Anfangsbedingung, in der die neue Technologie B mit einem Innovator startet und alle anderen Akteure (im Sinn von Firmen oder

23 Historisch wurden Urnenmodelle von *Ehrenfest* zur stochastischen Modellierung des Wärmeaustauschs eingeführt (Ehrenfest, P. / Ehrenfest, T., Über zwei bekannte Einwände gegen das Boltzmannsche *H*-Theorem. - In: *Physikalische Zeitschrift*. 8(1907), S. 311 - 314).

Zu einer Klassifikation verschiedener Typen von Urnenmodellen siehe auch: Feller, W., *An Introduction to Probability Theory and its Applications*, vol. 1. New York 1970.

24 Bruckner/Ebeling/Jiménez-Montaño/Scharnhorst 1996 (siehe Fußnote 5).

25 Für technische Details sei auf die Originalarbeit verwiesen.

26 modelliert als Markov-Prozess mit einem Mastergleichungsformalismus.

Produktionseinheiten) der bestehenden (dominanten) Technologie A zugeordnet werden, wird ein Infektionsprozess des Systems mit einer neuen Variante beschrieben. Die neue Technologie erscheint dabei als Störung eines stabilen Systemzustandes. Betrachten wir zunächst eine Innovation erster Art. Charakteristisch für den Ansatz ist dann, dass die Rekrutierungswahrscheinlichkeit von Nutzern durch eine Technologie mit der bereits vorhandenen Zahl von Nutzern dieser Technologie wächst.²⁷ Eine weitere Besonderheit entsteht durch die Begrenzung des Marktes bzw. der Zahl aller Akteure. Unter der Bedingung, dass sich diese Zahl (Raum der Konkurrenz bzw. Marktgröße) nicht ändert, sind alle Entscheidungsprozesse per Definition Übergangsprozesse von Akteuren zwischen den beiden existierenden technologischen Varianten. Das hat Konsequenzen, die im mathematischen Formalismus sichtbar werden. Die Wahrscheinlichkeit von einer Technologie A zu einer Technologie B überzugehen, hängt dann neben der Zahl der Nutzer dieser Technologie B auch von der Zahl der Nutzer der Technologie A ab. Das Wachstum der Technologien ist die Folge von wechselseitigen Imitationsprozessen. Im Fall einer linearen Kopplung der Übergangsrate an die Größe der Ziel-Population²⁸ lässt sich zeigen, dass die stochastische Dynamik im Limes für große Ensembles (bzw. kleine Fluktuationen) zu einem Substitutionsprozess im Sinne von Fisher-Price führt. Die Stringenz der Durchsetzung einer neuen (besseren²⁹) Technologie im deterministischen Bild im Sinne einfacher Darwinscher Selektion wird allerdings im stochastischen Bild dahingehend modifiziert, dass sich erstens die neue Technologie nicht mit Sicherheit, sondern nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit durchsetzt und zweitens auch Technologien mit ungünstigeren Parametern eine (wenn auch geringe) Überlebenswahrscheinlichkeit besitzen.

Im Fall einer Innovation zweiter Art sind bei der Ausbreitung der Technologien nichtlineare Wachstums- (bzw. Ausbreitungs-) Effekte im Spiel. Dann löst sich die Stringenz der Durchsetzung des „Besseren“ auf³⁰ und wir beobachten ein grundsätzlich anderes Systemverhalten. Betrachten wir dazu zunächst das deterministische Modell. Im einfachsten Fall eines rein quadratischen Wachstums³¹ existieren drei stationäre Systemzustände (Technologie A gewinnt, Technologie A

27 Dies entspricht einem autokatalytischen Prozess.

28 D.h. die Übergangswahrscheinlichkeit W eines Nutzers von der Technologie A zur Technologie B ist definiert als $W(A \rightarrow B) = E_B N_A N_B / N$.

29 im Sinne größerer Wachstumsraten E_B

30 Im einfachsten Fall sind die Wachstums- bzw. Ausbreitungsrate der Technologien quadratisch (hyperlogistisches Wachstum) und die entsprechenden Übergangsraten im stochastischen Modell proportional zum Quadrat der Ziel-Technologie; d.h. Wahrscheinlichkeit des Übergangs von Technologie B zu Technologie A ist proportional zu N_A^2 und N_B .

und B koexistieren und Technologie B gewinnt). Der Koexistenzfall ist instabil gegenüber Fluktuationen, er markiert die Separatrix zwischen den beiden anderen Attraktoren (Bistabilität). Das Modell der Konkurrenz von Technologien mit solchen Wachstumseigenschaften ist analog zur Selektion zwischen Hyperzyklen. Befindet sich das System erst einmal in einem der beiden Zustände, d.h. hat sich eine Technologie durchgesetzt, dann entspricht das Innovationsproblem (Infektion) der Frage, ob und unter welchen Bedingungen das System zwischen den beiden Attraktoren wechselt. Der Vergleich beider Technologien (alter und neuer) hinsichtlich ihrer Wachstumseigenschaften ist dabei eher sekundär.³² Das Charakteristische des Hyperselektionsfalls liegt gerade darin, dass der einmal stabilisierte Zustand stabil gegenüber allen Störungen ist, auch wenn die neue Technologie „besser“ ist. Entscheidend ist, in welchem Attraktorbasin, d.h. mit welcher Anfangsbedingung beide Technologien in Konkurrenz treten. Die Symmetriebrechung hängt dabei von dem Verhältnis der Anfangsgrößen und der Ausbreitungsgeschwindigkeiten beider Technologien ab. Die Separatrix definiert den Schwellwert N^* für die neue Technologie, es gilt:

$$N^* = \frac{N}{\alpha + 1} \quad (\text{Gleichung 1}),$$

wobei N die Systemgröße ($N = N_A + N_B$) und α der Quotient der Wachstumsraten der ($\alpha = B_B/B_A$) oder der Selektionsvorteil der Technologie B ist.³³ Für $N_B(t=0) < N^*$ verschwindet die neue Technologie und das System läuft in den Zustand, in dem die Technologie A dominant ist, für gewinnt die Technologie B mit Sicherheit. Der Selektionsvorteil geht in die Lage des Schwellwertes ein. Aus Gleichung 1 ist unmittelbar zu ersehen, dass N^* linear mit N wächst und hyperbolisch mit α abnimmt. Je größer das Gesamtsystem ist, desto größer muss die Anfangszahl der Nutzer sein, um einer „besseren“ Technologie zum Durchbruch zu verhelfen. Ist die Technologie B schlechter als die Technologie A, so kann sie nur gewinnen, wenn wir von einer Anfangssituation ausgehen, in der diese Technologie bereits über 50% des Marktes beherrscht. Andererseits ist dies genau der Mechanismus, mit dem sich bereits etablierte Technologien gegen Alternativen behaupten können. Auch wenn die Technologie B bessere Wachstumchancen bietet, muss sie immer noch mit der Übernahme großer Marktanteile starten. Der Übergang zum stochastischen Bild modifiziert diese strenge Aussage nicht

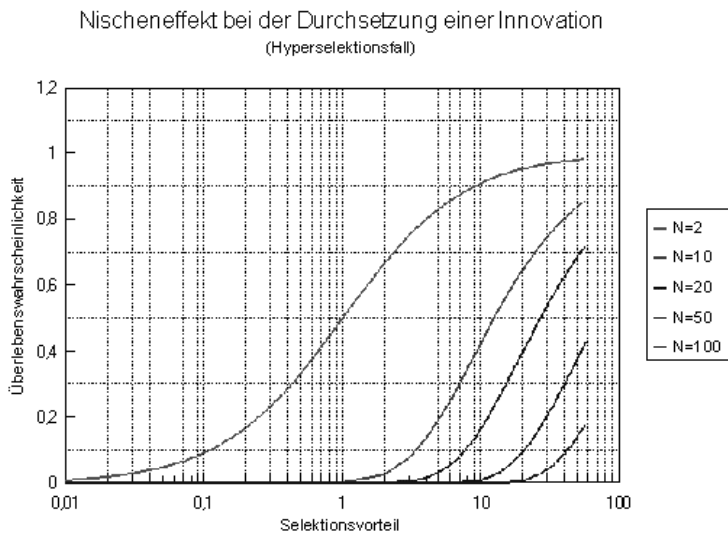
31 D.h. die Rekrutierung von Nutzern durch eine Technologie wächst mit dem Quadrat der bereits vorhandenen Zahl von Nutzern dieser Technologie.

32 Der Selektionsvorteil spielt insofern eine Rolle als das Verhältnis der Parameter beider Technologien die Lage der Separatrix bestimmt.

33 Für $\alpha > 1$ ist die Technologie B „besser“ oder fitter im Sinne der Kopplung der Fitness an die Wachstums- oder Reproduktionseigenschaften der Population.

nur, er zeigt auch die einzige Möglichkeit, wie singuläre Ereignisse auch in solchen scheinbar eingefahrenen Situationen den Weg der Evolution wieder neu öffnen. Startet eine neue Technologie, die doppelt so gut ist, wie die bestehende ($\alpha=2$) mit einem einzelnen Nutzer bzw. Anbieter ($N_B(t=0)=1$) so hat sie im deterministischen Modell keine Durchsetzungschance, wenn sie auf mehr als 2 Konkurrenten trifft.³⁴ In einem Fluktuationen berücksichtigenden stochastischen Modell sind die Chancen in großen Populationen immer noch gering, aber sie sind nicht mehr aussichtslos. Bei insgesamt zehn Konkurrenten hat eine um das Doppelte bessere Technologie immerhin schon eine Überlebenschance von 2% und diese erhöht sich auf 20% bei einer weiteren Halbierung der Zahl der in Wettbewerb befindlichen Akteure (Abbildung 2).³⁵

Abbildung 2: Nischeneffekt bei der Durchsetzung einer Innovation



Die Aussagen des stochastischen Bildes tragen Wahrscheinlichkeitscharakter. Die verschiedenen Realisierungen eröffnen daher einen weiteren Spielraum des Systemverhaltens. Simulationen zeigen, wie der erfolgreiche Durchsetzungsprozess an das Auftreten und Verstärken von Fluktuationen gebunden ist. Die neue Vari-

34 Startet die Innovation mit einem singulären Ereignis ($N_B(t=0) = 1$), dann liegt die kritische Größe des Marktes (N_A+N_B) in dem eine Durchsetzung möglich ist bei $(\alpha+1)$.

35 Die entsprechenden Separatrixpunkte liegen bei $N^*=3,3$ für $N=10$ und bei $N^*=1,7$ für $N=5$. Aus Gleichung 1 folgt, dass eine Technologie mit verdoppelten Wachstumsaussichten bei ihrem Eintritt über 30% des Marktes einnehmen muss.

ante kann dabei auch zeitweilig wieder verschwinden, aber eine zufällige Verstärkung kann das System auch über die Separatrix tragen und den Übergang in einen strukturell neuen Systemzustand auslösen. Die starke Abhängigkeit der Überlebenswahrscheinlichkeit einer Innovation von der Ensemblegröße legt den Schluss nahe, dass die Einführung einer neuen Technologie über Nischen im Sinne begrenzter Wettbewerbsräume erfolgt. Empirische Analysen zur Einführung alternativer Technologien scheinen dies zu bestätigen.³⁶ Die neue Technologie hat in ihrer Anfangsgestalt nahezu keine Chance gegen eine monopolistisch existente Technologie.³⁷ In einer Marktnische kann sich die neue Technologie mit kleinen Produktionszahlen entwickeln, um in einer zweiten Phase der Durchsetzung auf dem gesamten Markt mit der bis dato herrschenden Technologie erfolgreich zu konkurrieren. Das im geschützten Raum vollzogene Wachstum sorgt für eine verbesserte Ausgangsposition für den Wettbewerb in einem erweiterten Markt. Im Modell spiegelt sich das in der Abhängigkeit der Überlebenswahrscheinlichkeit von der Anfangsgröße der neuen, besseren technologischen Variante wider. Bei gegebenen Werten (N , a) wächst die Überlebenswahrscheinlichkeit mit wachsendem Anfangswert.³⁸ Begrenzte Wettbewerbsbereiche wirken als Nischen für das Überleben von Neuem und stellen insbesondere in einer Situation einer dominierenden, ausschließlichen Technologie (Hyperselektionsfall) die ein-

36 In einer vergleichenden Analyse der Entwicklung verschiedener Eisengusstechnologien und ihrer Diffusionsverläufe in Deutschland und Frankreich kamen *Foray* und *Grübler* zu dem Schluss, dass die Einführung einer neuen Technologie in zwei Phasen verläuft. In der ersten Periode kommt es zu einer schnellen Übernahme der neuen Technologie in Marktnischen (Losgrößenproduktion). Erst in einer zweiten Phase erfolgt die Übernahme in Bereiche der Massenproduktion. (Foray, D. / Grübler, A., Morphological Analysis, Diffusion and Lock-Out of Technologies: Ferrous Casting in France and the FRG. – In: Research Policy. 19(1990), S. 535 - 550).

37 *Foray* und *Grübler* schreiben dazu: „According to *Rosenberg* and *Frischtak* [Long Waves and Economic Growth. - In: The American Economic Review - Paper and Proceedings, May 1983]:“ New inventions are typically very primitive at the time of their birth. Their performance is usually poor, compared to existing (alternative) technologies as well as to their future performance.‘ Thus, when a new technology is introduced in its initial ... form, it has virtually no chance of imposing itself, even if the old technology is ‘inherently inferior‘. The latter has profited from its monopolistic period ... In this respect, our case study displays the crucial nature of an initial diffusion in a highly specialized market. In this first period the new technology, ‘protected‘ by a high value-added differential, may improve within a ‘quasi in vitro‘ development, so to speak. Thus shielded, the new technology may acquire industrial properties via the mechanisms related to the increasing returns to adoption, gradually armouring itself for competition. Between 1950 and 1970, the GP process [gasifiable pattern process technology, d.A.] improved in a virtually underground fashion in the FRG; it was later able to enter the main competition area under auspicious conditions. Having missing the first phase, France is now missing the second one.“ (Foray/Grübler (siehe Fußnote 37), S. 548).

38 siehe Bruckner/Ebeling/Jiménez-Montaño/Scharnhorst 1996 (siehe Fußnote 5).

zige Möglichkeit dar, wie ein einmal angenommener Zustand wieder verlassen werden kann. In den Nischen sind die globalen Selektionsregeln in gewisser Weise neutralisiert. Nachdem sich das Neue in solchen Nischen behauptet hat, kann es schrittweise größere Bereiche erobern und sich letztendlich im Gesamtsystem durchsetzen. Die Nische ist also in einem gewissen Sinne dynamisch.

Das hier diskutierte Beispielsystem beleuchtet einen Selbstorganisations- oder Strukturbildungsprozess in miteinander verwobenen evolutionären Folgen. Die Einschränkung der Wettbewerbssituation auf bestimmte Wachstums- und Marktbedingungen und die Betrachtung nur zweier Technologien spezifiziert diesen Strukturbildungsprozess zu einem einfachen Substitutionsfall. Ohne weiteres lassen sich derartige Modellvorstellungen auf eine Folge von solchen Substitutionsschritten erweitern. Verbunden mit einer Entwicklung der herrschenden Technologie während einer einzelnen Wettbewerbsperiode (etwa im Sinne eines Reifungsprozesses oder Lebenszyklus) kann ein solches Modell zur Erklärung von Wechseln von kontinuierlichen und sprunghaften Phasen innovativer Prozesse dienen.³⁹

4. Zusammenfassung

Technische Innovationen lassen sich besonders gut durch diskrete, stochastische Modelle beschreiben. In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, wie durch gezielte Anwendung dieser Beschreibung differenzierte Aussagen zur Durchsetzung von Innovationen gemacht werden können. Insbesondere wurde die Frage diskutiert, auf welche Weise unterschiedlich sich das Entstehen des Neuen in verschiedenen Modelltypen abbilden lässt, welche Aussagekraft solche Modelle haben und wo ihre Grenzen liegen. Der Sprung von Null auf Eins spielt insofern bei der Besiedlung der technologischen Populationen eine besondere Rolle. An dieses singuläre Ereignis schließt sich eine Durchsetzungsphase der neuen Technologie an, die durch Wachstum bedingt ist, d.h. durch Prozesse, die auf der Ebene des Systems keinen Innovationscharakter (im Sinn der Erscheinung einer neuen Qualität) mehr haben. Die Durchsetzung der neuen Technologie wird auf der Ebene der Unternehmen (Mikroebene) von einer Vielzahl von Prozessen begleitet. Einige von ihnen haben auf der Mikroebene Neuerungscharakter, andere nicht. Unabhängig von ihrem unterschiedlichen Charakter tragen jedoch alle diese Prozesse makroökonomisch zu dem gleichen Resultat bei. Neu für das Unternehmen kann sowohl die Übernahme einer neuen Technologie sein als auch einer etablierten, die beide schon in anderen Unternehmen des Systems Verwendung

39 siehe Ebeling/Jiménez-Montaña/Karmeshu (siehe Fußnote 5).

finden. Diese mikroökonomische Erneuerung kann überdies auf ganz unterschiedliche Weise erfolgen: die Anwendung der neuen Technologie kann mit dem Aufbau einer neuen Firma bzw. einer neuen Produktionseinheit eines bestehenden Unternehmens einhergehen oder sie kann in der Ersetzung einer alten Technologie in einer bestehenden Firma bzw. Produktionseinheit bestehen. Zur Durchsetzung der neuen Technologie kann ferner ein Prozess beitragen, der mikroökonomisch keinerlei Neuerungsscharakter hat, etwa wenn in einem bestehenden Unternehmen, das die neue Technologie bereits anwendet, eine weitere Produktionseinheit mit dieser Technologie hinzugefügt wird. In diesem Sinne tragen unterschiedliche Elementarprozesse, die im Modell zu spezifizieren sind, zur Durchsetzung der neuen Technologie im System bei.

Auf die Sensibilität und Relevanz der Anfangsphase bei der Durchsetzung von Innovationen weisen auch mathematische Analysen verschiedener Innovationsdynamiken in Substitutionsprozessen hin. Wie solche Analysen, insbesondere mittels stochastischer Evolutionsmodelle zeigen, ist die schematische Übertragung des Darwinschen „survival of the fittest“ kein geeignetes Modell der Technologieentwicklung. Unter den Bedingungen eines superschnellen Wachstums wäre die technologische Evolution vermutlich schnell beendet und durch „Hyperselektion“ ersetzt (einen Zustand, in dem bestehende Technologien ihre Dominanz gegenüber jedweder Veränderung erfolgreich behaupten). Die mathematische Analyse zeigt, dass im Fall ausgeprägter Nichtlinearitäten neben der Produktqualität („besser“) vor allem auch der Zeitpunkt und die Art und Weise der Einführung einer neuen Technologie entscheidend für ihre Durchsetzung am Markt ist. Neue Technik ist am Markt zunächst meist durch eine dynamische Nische geschützt, in der die noch weithin unbekannte Variante nur einem begrenzten Wettbewerbsdruck unterliegt. Empirische Analysen zur Einführung alternativer Technologien scheinen dies zu bestätigen. Eine neue Technologie hat in ihrer Anfangsgestalt nahezu keine Chance gegen eine monopolistisch existente Technologie. In einer geschützten Marktnische und mit kleinen Produktionszahlen kann sich eine neue Technologie entwickeln, um in einer zweiten Phase der Durchsetzung auf dem gesamten Markt mit der bis dato herrschenden Technologie erfolgreich zu konkurrieren. Die geschützte Marktnische in der ersten Phase der Durchsetzung stellt dabei eine notwendige Bedingung für eine langfristig dauerhafte Innovation dar.

CHRISTOPH GRENZMANN & RÜDIGER MARQUARDT

Wirtschaft und Wissenschaft. Statistische Grundlagen zu Forschung, Entwicklung und Wissenschaftsförderung

1. Einleitung

Eine Verbesserung der Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit der deutschen Volkswirtschaft wird in der Wahrnehmung von Chancen gesehen, die sich aus Kooperationen von Wirtschaft und Wissenschaft ergeben¹, insbesondere wenn Forschung und Entwicklung betroffen sind.

Betrachtet man die Entwicklung der FuE-Aufwendungen, wird erkennbar, dass in Deutschland 1999 rund 2,46% der Bruttoinlandsaufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) aufgewendet werden.^{2, 3} Damit liegt Deutschland in seinem Engagement in der Größenordnung seiner europäischen Nachbarn, jedoch international weit hinter Japan und den Vereinigten Staaten. Der Wirtschaftssektor Deutschland wendete 1999 77,3 Mrd. DM auf, um durch Forschung und Entwicklung die Voraussetzungen für Innovationen zu schaffen, vgl. Abbildung 1. Gleichwohl ist das Innovationsgeschehen nur unvollständig abgebildet, wird allein der finanzielle Einsatz für Forschung und Entwicklung betrachtet. Nicht minder wichtig ist der Wissensaustausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Zwischen Wirtschaft und Wissenschaft findet eine als typisch zu bezeichnende Arbeitsteilung statt. Sind die Forschungsanstrengungen der Hochschulen und staatlichen Forschungsinstitutionen eher grundlagenorientiert - und damit nicht auf eine konkrete Anwendung ausgerichtet - steht bei Forschung und Entwicklung im Wirtschaftssektor im allgemeinen die konkrete Anwendung im Mittelpunkt. Dies setzt voraus, dass ein Wissenstransfer stattfindet. Einerseits

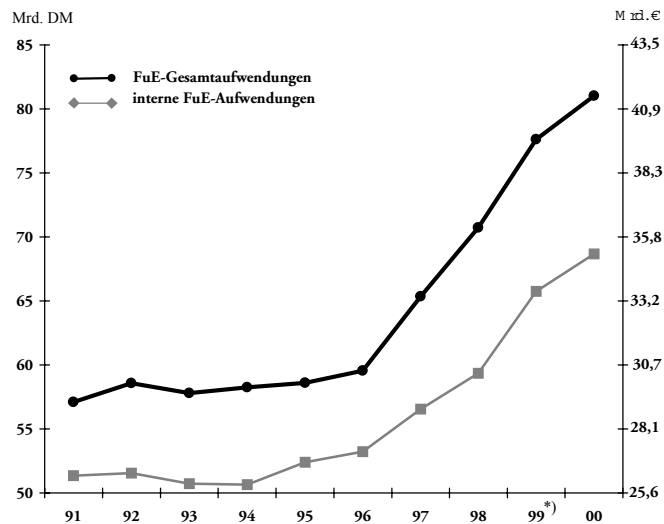
1 Berteit, H. / Grenzmann, C. / Hansen, B. / Marquardt, R. / Ransch, S., Rahmenbedingungen für Innovationsnetze in den neuen Ländern und Berlin-Ost; Materialien zur Wissenschaftsstatistik, Heft 10, Essen 1998.

2 Grenzmann, C. / Marquardt, R. / Wudtke, J., FuE-Datenreport 2001. Essen 2001.

3 Ragnarson, R., Zukünftiger europäischer Forschungsraum, Indikatorenstudie der Europäischen Kommission. – In: FuE-Info 2/2001.

müssen die anwendungsorientierten Forscher in der Wirtschaft in die Lage gesetzt werden, neue Erkenntnisse in die produkt- oder prozessorientierte Umsetzung einzubeziehen, andererseits müssen die grundlagenorientierten Forscher der Hochschulen und Forschungsinstitute Impulse für neue Forschungsfelder erhalten.

Abbildung 1: *FuE-Gesamtaufwendungen des Wirtschaftssektors 1991 - 1999, Tendenz 2000*



*) Plandaten; Stand: März 2001

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik

SV W iStat-Grafik

Ein wesentlicher Beitrag zur Sicherung dieses Transfers liefern FuE-Kooperationen zwischen den Forschern der öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen wie Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Großforschungseinrichtungen des Bundes und der Länder und den privaten Unternehmen. Diese Kooperationen gestalten sich in vielfältiger Weise. Mit der „Public Private Partnership“ hat ein Begriff das Interesse der Öffentlichkeit erweckt, der eine neue Stufe der Vernetzung zwischen öffentlichen Einrichtungen und privaten Unternehmen erkennen lässt.⁴

4 Vogel, B. / Stratmann, B., Public Private Partnership in der Forschung. HIS GmbH, Hannover 2000.

Einer der Indikatoren zur Messung der FuE-Kooperationen ist die Höhe der FuE-Aufträge, die von Unternehmen an „Dritte“ vergeben werden. Zeigt sich hierdurch doch, in welchem Maße die einzelnen Unternehmen auf Kenntnisse zurückgreifen, die ihnen selbst nicht in ausreichendem Maße oder nicht zum erforderlichen Zeitpunkt zur Verfügung stehen. So vielfältig die Gründe für die Vergabe von Forschungs- und Entwicklungsaufträgen sind, so unterschiedlich sind auch die Institutionen, an die Aufträge vergeben werden. Deutlich überwiegen bei den Empfängern von Aufträgen aus dem Wirtschaftssektor solche, die an andere Unternehmen vergeben werden. Diese wirtschaftsinternen Auftragsflüsse machten im Jahr 1999 mit 8,1 Mill. DM immerhin mehr als 2/3 der FuE-Aufträge an Externe aus. Für die Vernetzung zwischen Wirtschaft und Wissenschaft stehen freilich die Forschungs- und Entwicklungsaufträge im Vordergrund, die von Unternehmen an die wissenschaftlichen Institutionen vergeben werden. Immerhin gingen 1999 FuE-Aufträge im Umfang von 1,4 Mill. DM an diese Institutionen.

Die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft beschränkt sich nicht nur auf Aufträge. Eine weitere Form zeigt sich in der freiwilligen Wissenschaftsförderung über Spenden an Hochschulen und Forschungsinstitute. Hierin kann das hohe Interesse der Wirtschaft an der Forschung an Hochschulen und staatlichen Forschungsinstituten erkannt werden. Durch die Priorisierung bestimmter Forschungsschwerpunkte artikuliert sich zudem die Interessenlage aus Sicht der Wirtschaft. Insofern wirkt das Spendenverhalten der Wirtschaft als ein Element, das in der Lage ist, die Schwerpunktsetzung der wissenschaftlichen Forschung zu beeinflussen. Da die Förderung wissenschaftlicher Vorhaben durch die Wirtschaft in der Regel Ergebnis bilateraler Gespräche zwischen Unternehmen und Wissenschaft ist, dient sie der Verbesserung der Beziehungen und ist oft Voraussetzung zukünftiger enger Kooperation.

2. *Auftragsforschung*

Überwiegend führen die Unternehmen Forschung und Entwicklung im eigenen Hause durch. Dies spiegelt sich in der Höhe der internen FuE-Aufwendungen wieder, in denen die der FuE zugeordneten Personalkosten, Sachkosten und die Investitionen für die Durchführung von FuE zusammengefasst werden. Zur letztgenannten Kategorie der FuE-Investitionen rechnet die Anschaffung von langlebigen Gütern die Durchführung von FuE-Projekten.

Diesen internen FuE-Aufwendungen stehen die externen FuE-Aufwendungen gegenüber, in der die Mittel zusammengefasst werden, die von Unternehmen für FuE-Aufträge an andere vergeben werden. Um den Wissenstransfer zwischen Wirtschaft und Wissenschaft im statistischen System der FuE-Statistik abzubil-

den, müssen die FuE-Aufträge betrachtet werden, die an den Wirtschaftssektor, Hochschulen oder staatliche Forschungsinstitute sowie die „sonstigen Inländer“ - dabei handelt es sich überwiegend um gemeinnützige Wissenschaftliche Forschungsinstitute in privater Hand, die häufig in Form einer Stiftung oder eines eingetragenen Vereins geführt werden – und an das Ausland vergeben werden. Bei diesen externen FuE-Aufwendungen an die Wissenschaft ist es seit Mitte der 80er Jahre zu einem deutlichen Anstieg gekommen: Zwischen 1985 und 1995 haben sich die FuE-Aufträge der Wirtschaft an die Wissenschaft mehr als verdoppelt.⁵ Seit 1995 ist es jedoch zu einem Stillstand in der Entwicklung der Aufträge an Hochschulen und staatliche Forschungsinstitute gekommen (Vgl. Abbildung 2). Dies ist deshalb bemerkenswert, weil im gleichen Zeitraum eine extreme Steigerung der gesamten externen FuE-Aufwendungen zu verzeichnen ist. Diese starke Zunahme ist auf das Anwachsen wirtschaftsinterner Aufträge zurückzuführen. Die Neigung der Unternehmen bei der Auftragsvergabe auf Wissen im Wirtschaftssektor zurückzugreifen ist größer als die Neigung vom Wissen der Hochschulen und staatlichen Forschungsinstitute zu partizipieren.

Über die Ursachen dieses Phänomens gibt es gegenwärtig keine gesicherten Aussagen. Insbesondere ist die Aussage, dass die Aufträge der Wirtschaft an die Wissenschaft seit Mitte der neunziger Jahre konstant bei rund 1.500 Mill. DM stagnieren nicht im Gleichklang mit den Angaben der staatlichen Forschungsinstitute, die eine Zunahme der Forschungsaufträge aus der Wirtschaft verzeichnen⁶. Es muss hierbei gesehen werden, dass sich die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft auf vielfältige Weise gestaltet.⁷ Viele dieser Kooperationsmodelle bleiben bei der Betrachtung der externen Forschungsaufträge unberücksichtigt: die gemeinsame Unternehmensgründung von einem Unternehmen und einer wissenschaftlichen Institution lässt ein weiteres Unternehmen entstehen, das in seinen FuE-Aktivitäten als Teil des Wirtschaftssektors zu sehen ist. Gleichwohl kommt es aber auch bei dieser Form der Zusammenarbeit zu einem Wissenstransfer, von dem sowohl die Wissenschaft als auch die Wirtschaft Nutzen haben.

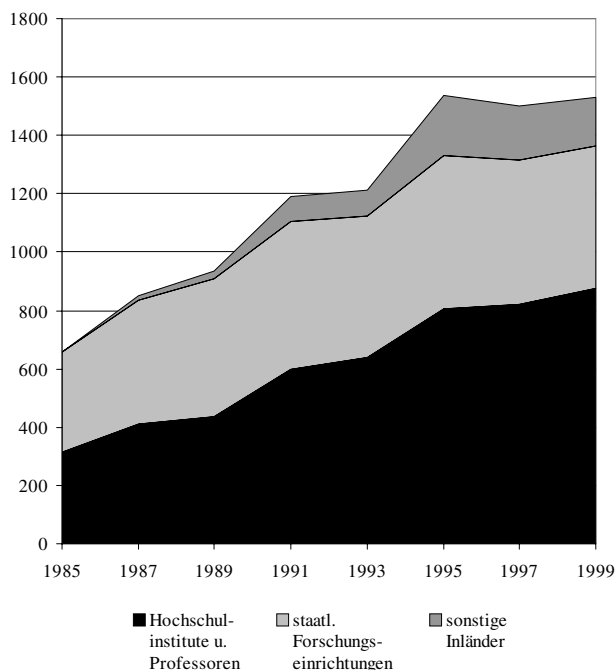
Dennoch lässt die Stagnation bei den FuE-Aufträgen an die Wissenschaft bei gleichzeitiger Zunahme der FuE-Aufträge an ein anderes Unternehmen der Wirtschaft die Aussage zu, dass von der Wirtschaft die Wissenschaft als „Problemlöser“ in konkreten Forschungs- und Entwicklungsfragen nicht in gewünschtem Maße nachgefragt wird.

5 Grenzmann, C. / Marquardt, R. / Wudtke, J., FuE-Datenreport 2001. Essen 2001. S. 26.

6 Fraunhofer Gesellschaft (Hrsg.), Geschäftsbericht 2000. München 2001.

7 Vogel, B. / Stratmann, B.; Public Private Partnership in der Forschung. HIS GmbH, Hannover 2000.

Abbildung 2: *Externe FuE-Aufwendungen 1985 - 1999*¹⁾
an inländische Auftragnehmer außerhalb des Wirtschaftssektors

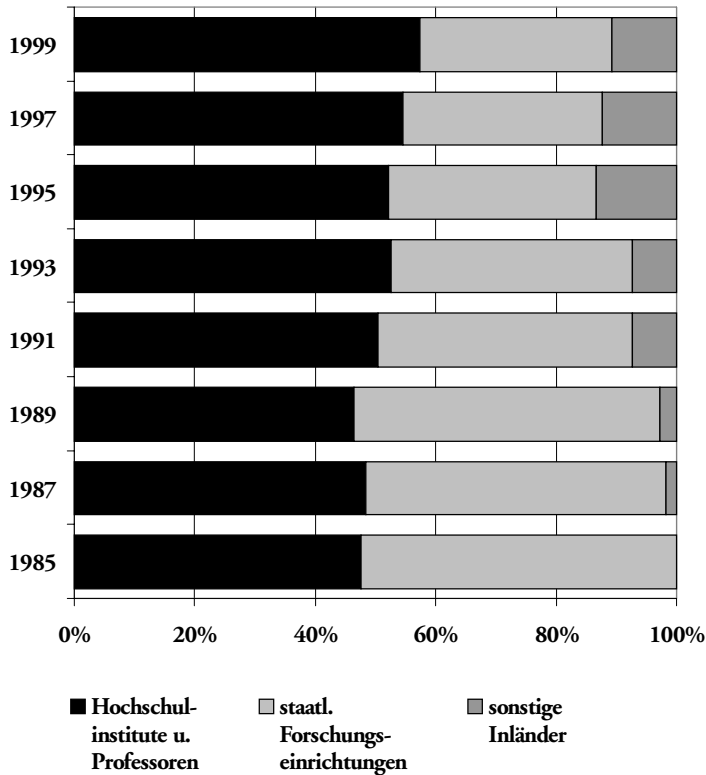


1) Vor 1991 früheres Bundesgebiet, ab 1991 Deutschland

SV WiStat-Grafik

Betrachtet man zudem die Verteilung der Aufträge zwischen den Hochschulen, staatlichen Forschungseinrichtungen und den „sonstigen Inländern“ (vgl. Abbildung 3), erkennt man eine Verschiebung zu Gunsten der Hochschulen. Die Zusammenarbeit mit Hochschulinstituten gewinnt einen zunehmenden Stellenwert, während die staatlichen Forschungseinrichtungen zurückgehen und als Auftragnehmer von FuE-Aufträgen durch sonstige Inländer - Stiftungen; gemeinnützige, nicht-staatliche Institute – abgelöst werden.

Abbildung 3: *Verteilung der externen FuE-Aufwendungen 1985 - 1999, vgl. 1) an inländische Auftragnehmer außerhalb des Wirtschaftssektors*



1) Vor 1991 früheres Bundesgebiet, ab 1991 Deutschland

SV WiStat-Grafik

3. *Wissenschaftsförderung des Wirtschaftssektors durch Spenden*

Eine andere Komponente, mit der die Wirtschaft durch Förderung von Schwerpunkten gestalterisch die Wissenschaft motiviert, Forschungsakzente zu setzen, ist die Vergabe von Spenden an wissenschaftliche Institutionen. Die Gründung von privaten Universitäten wäre nicht zu realisieren, wenn nicht private Unternehmen mit erheblichen Mitteln zur Finanzierung dieser Hochschulen beitragen. Der Umfang der Mittel, die für Unternehmen zu Wissenschaftszwecken vergeben werden, wird bisher nicht regelmäßig durch statistische Dienste erhoben.

Aus diesem Grunde wurden die Daten zu den Wissenschaftsspenden der Unternehmen erhoben und aufbereitet.⁸ Dabei wurde auch auf die Publikationen der Einkommens-, Gewerbe- und Körperschaftsteuer zurückgegriffen.

In dreijährigem Rhythmus werden im Rahmen der Einkommens-, Gewerbe- und Körperschaftsteuerstatistik Daten zu Spenden veröffentlicht. Allerdings umfassen diese Spendenangaben nicht nur die Wissenschaftsspenden, sondern auch andere mildtätige und gemeinnützige Spenden, so dass die Aufgabe darin besteht, den Anteil der Spenden für Wissenschaftszwecke an den Gesamtspenden zu ermitteln. Für den Unternehmenssektor interessierten die Daten aus der Körperschaftsteuerstatistik. Die jüngste Veröffentlichung betrifft das Jahr 1995⁹. Mangels aktueller Daten aus anderen Quellen wurde das Spendenvolumen der Körperschaftsteuerpflichtigen geschätzt.

Hierbei liegen folgende Überlegungen zugrunde: Die Vergabe von Spenden bei Unternehmen hängt im wesentlichen von der Gewinnerwartung bzw. vom tatsächlichen Gewinn der Unternehmen ab. Diese Daten sind aber nicht für alle Branchen und alle Unternehmen verfügbar (Produzierendes Gewerbe, Energie- und Wasserversorgung). Es bietet sich an, als Grundlage der Schätzung den Beitrag des Unternehmenssektors zur Bruttowertschöpfung – ein Maß für die Wirtschaftskraft dieses Sektors – zu nehmen, der den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu entnehmen ist.

Abbildung 4 zeigt den Anteil der Spenden der Körperschaftssteuerpflichtigen an der Bruttowertschöpfung¹⁰ sowie den Verlauf der Spendensummen. Für das Jahr 2000 wird die Spendensumme der Unternehmen und wirtschaftsnahen Verbände auf insgesamt rd. 1,24 Mrd. DM geschätzt. Grundlage dieser Schätzung ist der Anteil der Spenden an der Bruttowertschöpfung 1997.

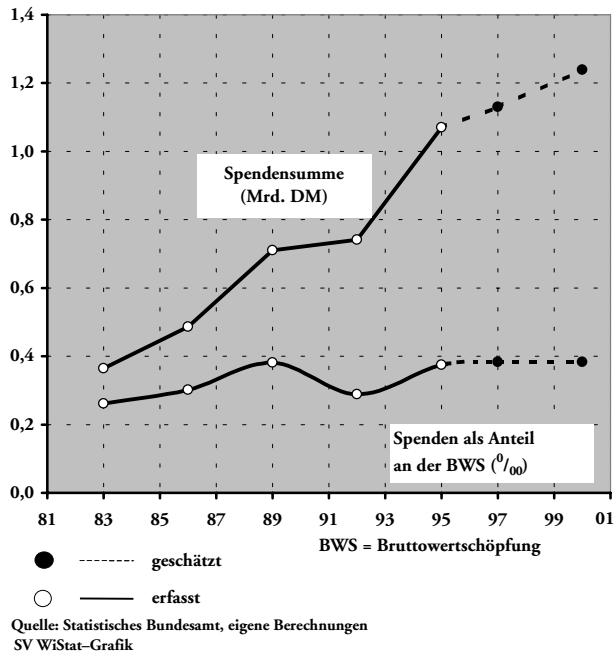
Aus der Schätzung des Spendenvolumens des Wirtschaftssektors ergibt sich aus den Strukturdaten der Spenderhebung 2000 ein Volumen von rd. 267 Mill. DM für Wissenschaftsförderung (vgl. Tabelle). Gegenüber der Voruntersuchung¹¹, die sich auf das Jahr 1997 bezog, ergibt sich so eine Steigerungsrate von

8 Marquardt, R., Wissenschaftsförderung des Wirtschaftssektors 2000. Bericht der Wirtschaftsstatistik. Essen 2001.

9 Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Fachserie 14, Finanzen und Steuern, Reihe 7.2 Körperschaftsteuer 1995. Stuttgart: Verlag Metzler-Poeschel 2000.

10 Die Bruttowertschöpfung (ohne Umsatzsteuer) ist die Summe der von inländischen Wirtschaftseinheiten beziehungsweise Wirtschaftsbereichen produzierten Waren und Dienstleistungen abzüglich der von anderen Wirtschaftseinheiten beziehungsweise von anderen Wirtschaftsbereichen bezogenen Vorleistungen (zum Beispiel Rohstoffe, Vorprodukte, Handelswaren, Reparaturleistungen usw.).

11 Marquardt, R., Wissenschaftsförderung des Wirtschaftssektors 1997. Bericht der Wirtschaftsstatistik. Essen 1998.

Abbildung 4: *Spendensumme des Wirtschaftssektors 1983 - 2000*

18,7%, d.h. durchschnittlich von rd. 6% jährlich. Damit war die Wachstumsrate der freiwilligen Wissenschaftsförderung deutlich höher als die Wachstumsrate des Spendenvolumens insgesamt. Der Blick auf die Branchen zeigt, dass die „Herstellung von Büromaschinen DV-Geräten u. -Einrichtungen, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik“ mit 64 Mill. DM die meisten Wissenschaftsspenden verzeichnen kann. Ihr folgen die Banken und Versicherungen mit 55 Mill. DM und der Fahrzeugbau mit 50 Mill. DM. Die Chemische Industrie steht im Jahre 2000 an vierter Stelle mit rd. 46 Mill. DM. Insgesamt ist das Verarbeitende Gewerbe am höchsten in der Wissenschaftsförderung engagiert, auf die 170 Mill. DM (= rd. 65%) entfallen, im Gegensatz zur Spendenvergabe insgesamt (= 28%). Der Blick auf die Empfänger der Wissenschaftsspenden zeigt auch hier einen Schwerpunkt bei den Hochschulen; damit zeigt sich eine ähnliche Schwerpunktverlagerung wie sie auch bei der Vergabe von FuE-Aufträgen an die Wissenschaft erkennbar ist.

Tabelle: <i>Spenden und Wissenschaftsförderung des Wirtschaftssektors 2000 nach der Wirtschaftsgliederung (hochgerechnetes Ergebnis)</i>						
Wirtschaftsgliederung	Spenden					
	insgesamt	zusammen	Hochschulen	Wissenschaft fördernde Organisationen	Wissenschaft fördernde Stiftungen	Sonstige
Mill. DM						
	1	2	3	4	5	6
I. Unternehmen						
verarbeitendes Gewerbe darunter:	340	170	83	45	23	19
Chemische Industrie	130	46	28	9	5	5
Metallerzeugung und -bearbeitung	10	2	1	0	0	0
Maschinenbau Bürom., DV,	10	4	3	1	0	0
Elektrotechnik, FuO	90	64	38	10	4	12
Fahrzeugbau	80	50	12	23	14	2
Übriges Verarb. Gewerbe						
Energie- und Wasserversorgung	70	23	2	9	1	11
Banken und Versicherungen	790	55	20	33	1	1
restl. Wirtschaftszweige	30	11	5	5	0	1
Unternehmen zusammen	1230	260	110	92	25	33
II. wirtschaftsnahe Verbände zusammen	10	7	2	3	0	2
Wirtschaftssektor insgesamt	1240	267	112	95	25	35
Rundungsabweichungen						
Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik						

Die meisten Spenden erhielt der Hochschulsektor mit 112 Mill. DM, gefolgt von den Wissenschaft fördernden Organisationen mit 95 Mill. DM; unter dieser Gruppe werden die Hochschulfördergesellschaften, wissenschaftsfördernde Organisationen wie der Stifterverband zusammengefasst. Diese Spenden sind im

Grunde ohne Zweckbindung, fördern aber ihrerseits die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft.

4. Zusammenfassung

Etwas 77,6 Mill. DM hat die Wirtschaft im Jahre 1999 für Forschung und Entwicklung ausgegeben um durch Schaffung neuer oder verbesserter Produkte die Konkurrenzfähigkeit zu sichern oder durch die Entwicklung verbesserter Produktionsverfahren Rationalisierungspotential freizusetzen.

Zunehmend greifen die Unternehmen zur Umsetzung von FuE-Projekten durch Auftragsvergabe an Dritte auf externes Know-how zurück. Mit dieser Art der Kooperation entsteht für Unternehmen gleichzeitig einen Wissenstransfer unter anderem von Unternehmen zu Unternehmen sowie von der Wissenschaft an die Unternehmen. Die externen FuE-Aufwendungen sind in den letzten 15 Jahren deutlich gestiegen; 1999 wurde gemäß der Statistik zu FuE eine Höhe von fast 12 Mrd. DM erreicht. Überwiegend fließen FuE-Aufträge an andere Unternehmen, somit dominiert die „wirtschaftsinterne Auftragsvergabe“. An die Wissenschaft wurden im Jahr 1999 FuE-Aufträge in Höhe von 1,5 Mrd. DM erteilt.

Zu den Beträgen, die auf dem Auftragswege an die wissenschaftlichen Einrichtungen fließen, kommen Spenden der Unternehmen, von insgesamt 267 Mrd. DM für Wissenschaftszwecke im Jahr 2000. Mehr als drei Viertel der Wissenschaftsspenden gingen direkt an Hochschulen oder Wissenschaft fördernde Organisationen. Die Finanzierung der Wissenschaft bleibt nach wie vor Domäne des Bundes und seiner Länder. Mittel aus der Wirtschaft können jedoch wirtschaftsnahe Schwerpunkte in Forschung und Entwicklung setzen.

MANFRED BONITZ & ANDREA SCHARNHORST

Wissenschaft und Ökonomie - wissenschaftsmetrische Bemerkungen

1. Einleitende Bemerkungen

Dieser Beitrag ist nicht Darlegung neuester Forschungsergebnisse, sondern neuester Gedanken zu einem alten Thema. Er hat eine kurze Vorgeschichte.

Anfang des vorigen Jahres erhielt M.B. eine Email von Eugene Garfield, dem Schöpfer des bekannten *Science Citation Index*. In dieser Email machte er auf den Artikel eines gewissen Georg Franck in der Zeitschrift *Science*¹ aufmerksam. Und er fügte hinzu: „sounds *Mertonian*“. Der amerikanische Wissenschaftssoziologe Robert K. Merton hatte Grundlegendes über die Natur der Wissenschaft geschrieben.

Nach der Lektüre des Artikels besorgte sich M.B. das in dem Artikel erwähnte Buch von Franck „Ökonomie der Aufmerksamkeit“.² Dieses Buch weckte erneut meine Neugier (M.B.s) auf den Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Ökonomie. Auf das Neue deswegen, weil dieses Thema bei M.B. seit vielen Jahren „abgehakt“ war. Wissenschaftliche Information ist nun einmal keine Ware, in der Wissenschaft gibt es nichts zu kaufen oder zu verkaufen. Und nun kommt da einer, der nicht nur die ökonomische Theorie für eine der gelungensten hält, sondern sogar die Wissenschaft in sein ökonomisches Theoriengefüge einbinden will. Die Wissenschaft sträube sich zwar, aber sie würde sich halt anpassen müssen. Das weckte nun wieder meinen Trotz und ich schaute etwas genauer hin. Der Zufall wollte es, dass die Forschung zum Matthäuseffekt für Länder in eine Phase getreten war, in der sie durchaus empfänglich für ökonomische Überlegungen ist.

Vielleicht gibt es doch einen vernünftigen theoretischen Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Ökonomie?

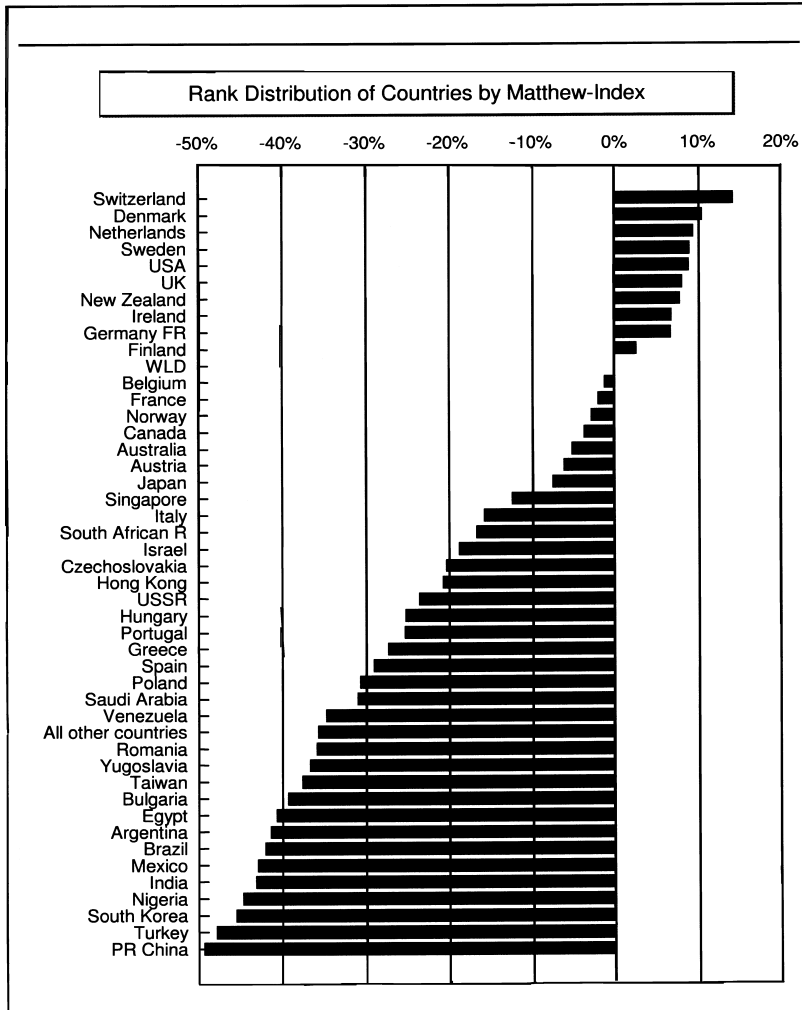
Nach diesen einleitenden Bemerkungen will ich Ihnen ganz kurz das Wesentliche zum Matthäuseffekt für Länder (*MEC*) erläutern. Ich werde aber sehr bald

1 Franck, G., Communication – A Vanity Fair? - In: *Science*. 286(1999)5437, S. 53 – 55.

2 Franck, G., *Ökonomie der Aufmerksamkeit*. München-Wien: Carl Hanser Verlag 1998.

auf den Zusammenhang zwischen Ökonomie und Wissenschaft zu sprechen kommen.

Abbildung 1: *Länderrangverteilung nach Mattäus-Index*



2. Der Matthäuseffekt für Länder

2.1. Aussagen über Wissenschaftsländer (Makroebene)

Auf den MEC stößt man, wenn für alle Länder die Anzahl der erwarteten Zitierungen in einem Zeitschriftenmassiv und für einen bestimmten Zeitraum ausgerechnet und mit der tatsächlich beobachteten Anzahl verglichen wird. Da finden sich nämlich systematische Abweichungen dergestalt, dass **eine kleine Anzahl von Ländern, die bereits eine hohe Zitiererwartung aufweisen, noch mehr Zitierungen als erwartet bekommt, während eine große Anzahl von Ländern, die schon eine nur kleine Zitiererwartung haben, noch weniger Zitierungen als erwartet erhält.** Das ist der MEC, ein gut beobachtbarer und messbarer Effekt im Unterschied zu den Phänomenen, für die R.K. Merton 1968 den Begriff *Matthew effect in science*³ geprägt hatte. Der MEC wurde Ende 1994 entdeckt. Die Abbildung 1 zeigt, wie sich die Wissenschaftsländer dieser Welt als Gewinner- bzw. Verliererländer darstellen. Die Länder sind nach dem Matthäus Index MI rangiert. MI ist der relative Gewinn oder Verlust der Länder ($MI = (\text{beobachtet} - \text{erwartet})/\text{erwartet}$). Kleine Länder (z.B. Schweiz) können wissenschaftlich gut funktionieren (d.h. einen Gewinn von Surplus-Zitierungen haben), während große Länder (z.B. UdSSR, Indien) empfindliche Verluste an Zitierungen aufweisen können.

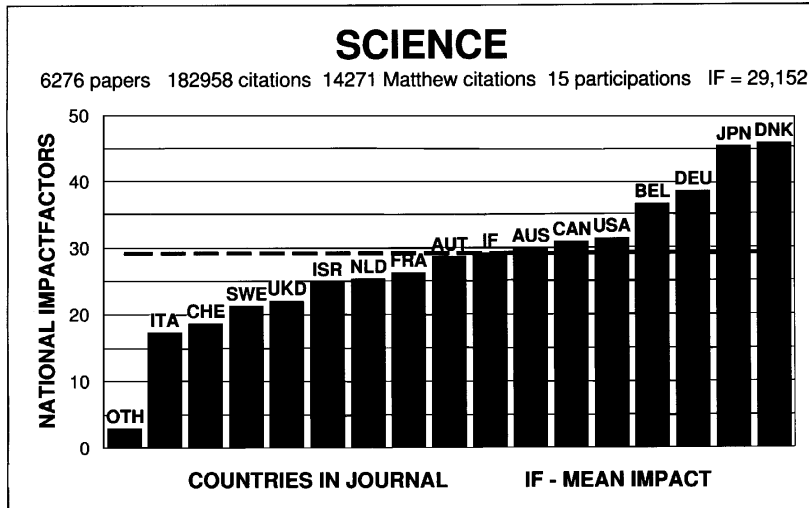
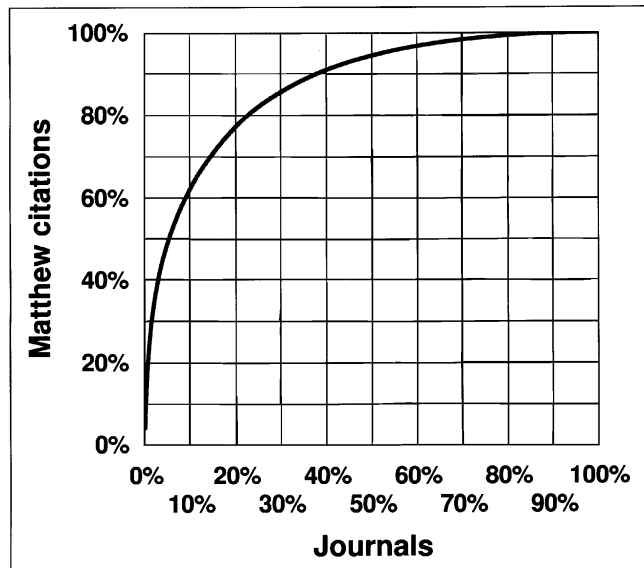
2.2. Aussagen über Wissenschaftsjournale (Mikroebene)

Aus unserem Ensemble von nahezu 3000 untersuchten Wissenschaftsjournalen wählen wir als Beispiel die Zeitschrift SCIENCE (Abbildung 2). Sie hat den zweiten Rangplatz in der Anzahl der *Matthäus-Zitierungen* inne. Eine große Anzahl von Ländern publiziert in SCIENCE, hoch ist die Anzahl der Publikationen und der Zitierungen, der *Journal-Impactfaktor* beträgt 29 Zitierungen per Publikation. Die Anzahl der Zitierungen, die von „linken“ Ländern verloren werden, ist gleich der Anzahl der Zitierungen, die die „rechten“ Länder gewinnen. Diese „umverteilten“ Zitierungen sind die oben erwähnten *Matthäus-Zitierungen*.

2.3. Matthäus-Kernzeitschriften

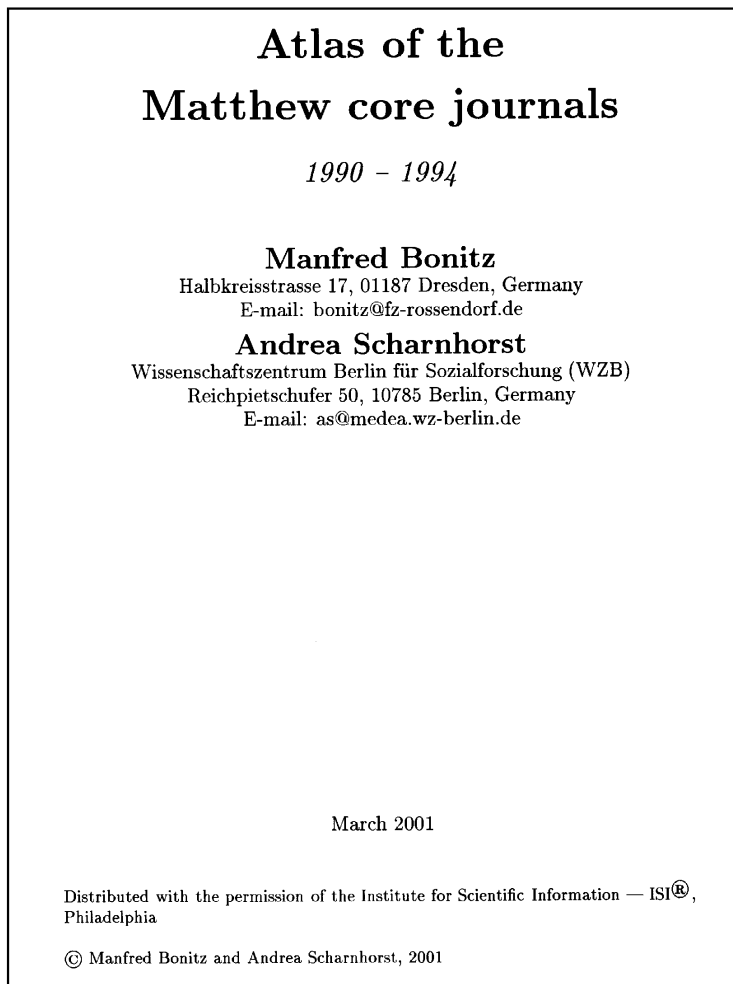
Die *Matthäus-Zitierungen* sind extrem schief über die wissenschaftlichen Zeitschriften verteilt. Dies spiegelt die Abbildung 3 wider. In nur 144 Zeitschriften von 2712 konzentriert sich die Hälfte aller Matthäus-Zitierungen. Wir bezeichnen diese kleine Gruppe von Zeitschriften als *Matthäus-Kernzeitschriften*.

3 Merton, R. K., The Matthew effect in science. – In: Science. 159(1968)3810. S. 56 – 63.

Abbildung 2: *Nationale Impaktfaktoren in der Zeitschrift SCIENCE*Abbildung 3: *Schiefe Verteilung der Matthäus-Zitierungen über die Journale*

Zum ersten Male wurden die Matthäus-Kernzeitschriften mit ihren Daten über Publikations- und Zitationszahlen, ihren Länderbeteiligungen, ihrem Impaktfaktor und ihrer Anzahl von Matthäus-Zitierungen in einem Atlas grafisch dargestellt. Die Abbildung 4 gibt die Titelseite des *Atlas of the Matthew core journals* wider.

Abbildung 4: *Atlas der Matthäus-Kernzeitschriften*



3. *Die unsichtbare Hand des Marktes*

Während die praktischen Schlussfolgerungen aus dem Matthäuseffekt für Länder schon ganz offensichtlich sind - für die Wissenschaftspolitik, für die großen wissenschaftlichen Bibliotheken, und für den einzelnen Wissenschaftler - kann von einer wissenschaftlichen Theorie des Matthäuseffekts für Länder noch nicht gesprochen werden.

Das hängt unter anderem damit zusammen, dass es überhaupt noch keine Theorie des wissenschaftlichen Zitierens gibt. In einer derartigen Situation ist es schon hilfreich, wenn Analogien und/oder Metaphern zur Verfügung stehen, die etwas an das Wesen des Matthäuseffekts für Länder heranführen können.

Das schönste Beispiel ist für uns das „Gleichnis *von den anvertrauten Talenten*“ aus der Bibel (Matth. 25, 14-30), dem der MEC, aber natürlich auch Mertons „Matthew effect in science“ seinen Namen verdankt, und das eigentlich Punkt für Punkt wesentliche Seiten des Effektes widerspiegelt. Das war für uns eine faszinierende Erkenntnis, wenngleich sie nicht bedeutet, dass sich mit Hilfe der Bibel der Matthäuseffekt für Länder „beweisen“ ließe.

Während also das Bibelgleichnis eine wunderbare Analogie für den Matthäuseffekt für Länder, sozusagen auf der Makroebene der Wissenschaft darstellt, haben wir lange nach einer guten Metapher auf der Mikroebene gesucht, also auf der Ebene der wissenschaftlichen Zeitschriften, auf denen der MEC aufbaut.

Was ist es eigentlich, das die unserer Meinung nach so wichtigen Matthäus-Kernzeitschriften⁴ so wichtig macht? Kann man sagen, „die Olympischen Spiele der Wissenschaft finden in den Matthäus-Kernzeitschriften statt“? Ganz sicherlich, denn Sydney kennt jeder, und wie im Sport, so ist der Wettbewerb auch in der Wissenschaft fundamental. Und den Wettbewerb gibt es erst recht in der Ökonomie, das verstehen selbst die, die vom Sport nichts verstehen. So gelangten wir zur Ökonomie-Metapher.

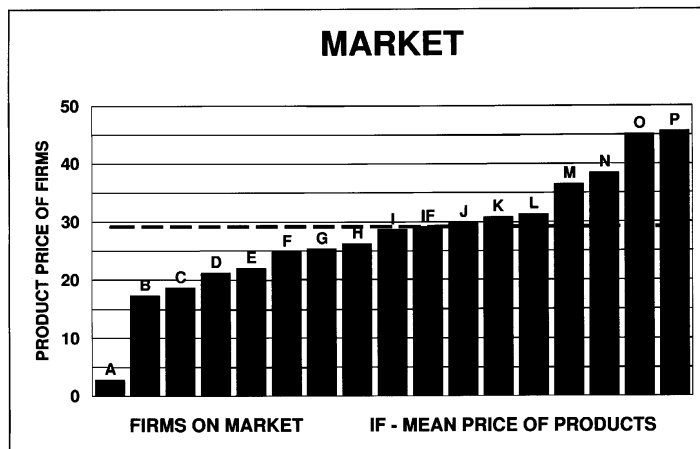
Wie war das gleich mit dem Wettbewerb in der Ökonomie? Die Abbildung 5 soll dies erläutern. Die Ökonomen unter Ihnen mögen mich korrigieren, wenn ich etwas Falsches sage. In der Ökonomie findet der Wettbewerb auf Märkten statt, und es gibt ihn dort in unterschiedlichen Formen. Gestatten Sie, dass ich mich hier auf den Typ des sogenannten „reinen“ oder „perfekten“ Wettbewerbs beschränke. Die Firmen A, B, C bis P gehen mit ihren Produkten eines bestimmten Typs (vielleicht Kühlschränke, vielleicht Computer) auf den Markt in der Hoffnung, einen möglichst guten Preis zu erzielen. Aber weder der Marktpreis ist

4 Bonitz, M. / Scharnhorst, A.: Competition in science and the Matthew core journals. – In: *Scientometrics*. 51(2001)1. S. 37 – 54.

vorher bekannt, noch, ob eine Firma Preise über oder unter dem Marktpreis erzielen wird. Erst wenn das Marktgeschehen, das von den Firmen nicht beeinflusst werden kann, abgeschlossen ist, lässt sich der Marktpreis als Mittelwert aller Preise bestimmen. Die *unsichtbare Hand des Marktes* hat das geregelt. Dieser Anspruch stammt schon von Adam Smith.

Sie werden fragen, welchem Lehrbuch der Ökonomie wir diese Abbildung entnommen haben? Die Antwort lautet schlicht: Überhaupt keinem! Es hat eine Metamorphose unserer eigenen Messergebnisse stattgefunden: jede unserer Zeitschriften-Grafiken legt die Vermutung nahe, es könnte in den Zeitschriften so zugehen wie auf den Märkten der Ökonomie unter den Bedingungen des perfekten Wettbewerbes. Betrachten Sie die Abbildung 5 genauer.

Abbildung 5: *Markt mit perfektem Wettbewerb in der Ökonomie*



Die Struktur dieser Grafik ist identisch mit der Struktur für die Zeitschrift SCIENCE (vgl. Abbildung 2). Wir nehmen an, dass eine wissenschaftliche Zeitschrift einem Markt ähnlich ist, in den Firmen (Länder) mit ihren Produkten (wissenschaftlichen Publikationen) hineingehen in der Hoffnung, dass die Produkte (Artikel) zu einem guten Preis (Anzahl von Zitierungen) gekauft (anerkannt) werden. Im Fall der Ökonomie wird der mittlere Preis aller Produkte durch die unsichtbare Hand des Marktes bestimmt, im Falle der Wissenschaft kommt der mittlere Impaktfaktor (Zitierungen per Artikel) durch das unsichtbare Wirken der wissenschaftlichen Gemeinschaft zustande. Die Geldgewinne über das mittlere Niveau hinaus (Surplus-Zitierungen oder sog. *positive Matthäus-Zitierungen*) sind gleich den Geldverlusten (Anzahl aller *negativen Matthäus-Zitierungen*).

Die Firmen sind die Länder. Sie gehen mit ihren nationalen Autoren auf einen der Märkte der Wissenschaft, in ein wissenschaftliches Journal, hier die Zeitschrift SCIENCE. Die *unsichtbare Hand der wissenschaftlichen Gemeinschaft* belohnt mit Zitierungen die einen Artikel überdurchschnittlich, die anderen durchschnittlich, wieder andere unterdurchschnittlich oder gar nicht. Am Ende kennt man den „Marktpreis“, den sogenannten Impaktfaktor IF der Zeitschrift: die Anzahl der Zitierungen, die eine mittlere wissenschaftliche Arbeit erst einmal erwarten kann, wenn sie in dieser Zeitschrift erscheint. Doch die einen erzielen mehr, die anderen weniger im Vergleich zum Mittelwert. Die einen sind die Gewinner, die anderen die Verlierer, und es erscheint so, als ob von den Verliererländern Zitierungen umverteilt werden zu den Gewinnerländern. Und das beobachten wir für alle unsere etwa 3000 Journale. Am stärksten beobachten wir es in den *Matthäus-Kernzeitschriften*, hier findet die Hälfte aller Umverteilungen statt (oder wie wir sagen - die Hälfte des Matthäuseffekts für Länder ist in ihnen konzentriert).

Was nun liegt näher als die folgende Metapher:

Wissenschaftliche Zeitschriften sind Märkte für wissenschaftliche Arbeiten.

Wir vertiefen das durch unsere Hypothese:

Die Matthäus-Kernzeitschriften sind die wettbewerbsintensivsten Märkte für wissenschaftliche Artikel (the most competitive markets for scientific papers).

4. *Wissenschaft und Ökonomie*

Auf einmal und bis hierher gehen Wissenschaft und Ökonomie erstaunlich parallel: Wettbewerb und Märkte. Es war völlig unerheblich, dass und ob auf den Märkten der Wissenschaft etwas gehandelt, gekauft oder verkauft wird, oder gar, in welcher Währung das geschieht. Märkte und Wettbewerb - hier lassen sich Wissenschaft und Ökonomie ohne weiteres vergleichen. Kunststück, beides sind ähnliche soziale Systeme.

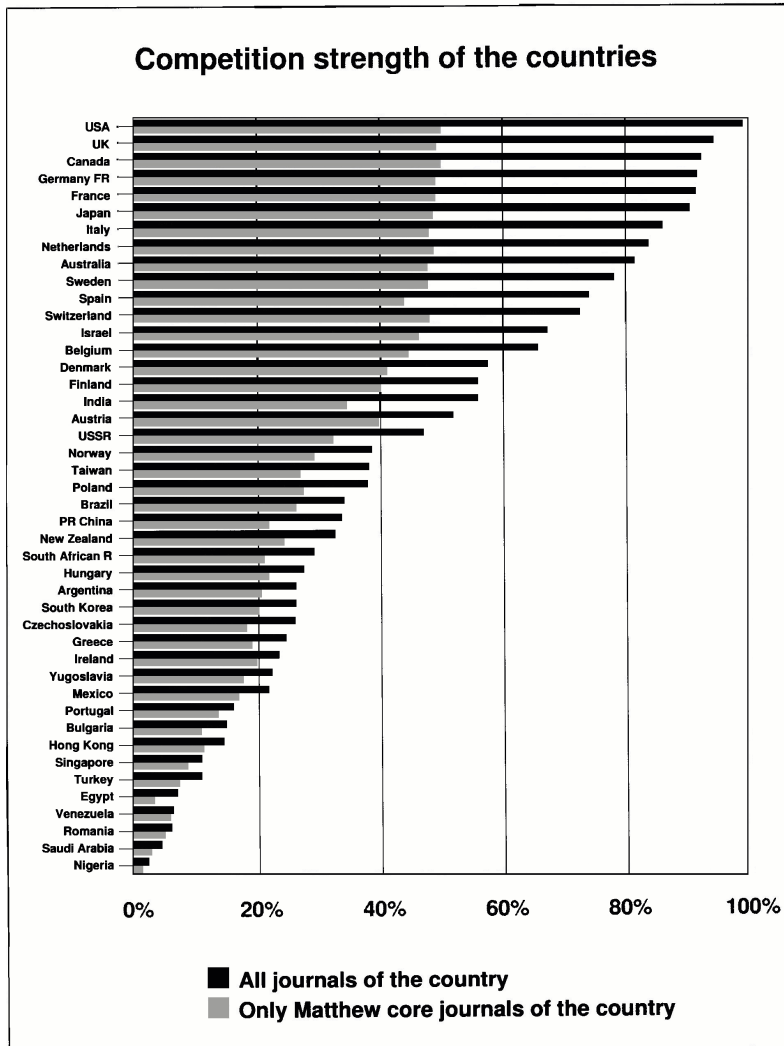
Doch damit nicht genug. Wir finden sogar, dass wir die Stärke des Wettbewerbs auf den Märkten der Wissenschaft messen und vergleichen können. Ganz einfach über die Anzahl der umverteilten Zitierungen in einem wissenschaftlichen Journal.

Die Matthäus-Zitierungen sind die „Atome“ des Wettbewerbs in einer wissenschaftlichen Zeitschrift!

Die Abbildung 6 soll das verdeutlichen:

Jedes Land publiziert in einer bestimmten Anzahl von Zeitschriften. Wenn wir annehmen, dass die Anzahl der Matthäus-Zitierungen in einem Journal dessen

Abbildung 6: Wettbewerbsstärke der Wissenschaftsländer



Wettbewerbsstärke aller Märkte (Journale), auf denen ein Land seine wissenschaftlichen Artikel vorstellt, gleich der Summe der Matthäus-Zitierungen „seiner“ Journale. Alle 2712 Journale in unserer Untersuchung haben zusammen 100% Wettbewerbsstärke. Da kein Land in allen Journalen publiziert, liegt die

Wettbewerbsstärke eines Landes prinzipiell unter 100%. Hohe Werte der Wettbewerbsstärke haben alle Länder der „rechten Welt“, die Gewinnerländer, niedrige Werte weisen die Länder der „linken Welt“, die Verliererländer auf. Es erscheint bemerkenswert, dass der Anteil der Matthäus-Kernzeitschriften an der Gesamtzahl der Journale, in denen ein Land publiziert, umso höher ist, je kleiner das Land ist. Dies charakterisiert das Bestreben - auch bei den geringen Möglichkeiten mittlerer und kleiner Länder - in die wettbewerbintensivsten Märkte zu gehen.

Kein einziges Land, nicht einmal die USA, ist auf allen Märkten der Wissenschaft vertreten. Daher ist von großer Wichtigkeit, dass die gesamte Wettbewerbsintensität, die ein Land durch die Auswahl seiner Journale erzielt (seine Publikationsstrategie also), möglichst groß ist.

Das lässt sich beispielsweise durch Publizieren in möglichst vielen Matthäus-Kernzeitschriften erreichen. Sicher ist das Publizieren auf hochkompetitiven Märkten noch keine Garantie für das Erzielen hoher Zitationsraten - den Ausschlag wird immer die Qualität der wissenschaftlichen Arbeiten geben, aber wer mit seinen Publikationen auf die wettbewerbintensivsten Märkte geht, hat bereits den ersten richtigen Schritt getan.

5. *Schlussbemerkungen*

Sowohl die Wissenschaft als auch die Ökonomie haben ihre Märkte, auf denen Wettbewerb die treibende Kraft ist. In der Wissenschaft haben wir nun für die Stärke des Wettbewerbs erstmals ein Maß gefunden - die Anzahl der Matthäus-Zitierungen in einem Journal.

Dennoch liegen Welten zwischen dem, was in der Ökonomie einerseits und in der Wissenschaft andererseits wirklich mit den jeweiligen Produkten geschieht (mit den „Artikeln“ im schönen Doppelsinn dieses Wortes). Ein Gut, das auf einem Markt der Wissenschaft angeboten wird, kann den Besitzer nicht wechseln, es kann aber beliebig oft genutzt werden und der Nutzer kann sich dafür (durch Zitieren) erkenntlich zeigen, oder auch nicht. Je öfter dies geschieht, desto mehr wird das wissenschaftliche Gut zum Eigentum seines Schöpfers. Es kann allerdings nur ein einziges Mal angeboten werden, so verlangt es die Ethik der Wissenschaft. Dafür kann es beliebig lange am Markt bleiben.

Es versteht sich von selbst, dass dieses Verhalten der wissenschaftlichen Information, oder des wissenschaftlichen Eigentums aus der Sicht der Ökonomie völlig anomal ist (so nannte es jedenfalls R.K. Merton). In den Kategorien der Ökonomie, und wohl auch der Ökonomie der Aufmerksamkeit, ist es nicht zu fassen. Wir sehen vorläufig überhaupt nicht, wie diese fundamentalen unter-

schiedlichen Wesenheiten von Ökonomie und Wissenschaft in einer Ökonomie der Aufmerksamkeit - Aufmerksamkeit also als einem gemeinsamen Ingredienz der beiden, aufgehoben werden könnten.

Unsere Untersuchungen zum Matthäuseffekt für Länder haben zwar Ökonomie und Wissenschaft ein Stück einander nähergebracht und unter dem Dach von Markt und Wettbewerb vereint, doch die Frage nach einer umfassenderen gemeinsamen Theorie für beide bleibt vorerst offen.

SIEGFRIED GREIF

Erfindungen als Gegenstand von Kooperationen in Forschung und Innovation

Kooperation ist die geregelte Verbindung zweier oder mehrerer juristischer oder natürlicher Personen mit dem Ziel, vorgegebene Aufgaben gemeinsam zu lösen.¹

Kooperation gibt es im gesamten Forschungs- und Innovationsspektrum von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung und Entwicklung (F+E) bis zur Anwendung. Die in diesem Spektrum angesiedelten Kooperationen sind unterschiedlicher Natur und können nach verschiedenen Aspekten systematisiert werden (siehe Tableau).²

Nach der Richtung kann zwischen vertikaler und horizontaler Kooperation unterschieden werden. Bei der vertikalen F+E-Kooperation arbeiten vor- und nachgelagerte Partner zusammen; die beteiligten Partner sind durch eine Zuliefer- oder eine Abnehmer-Beziehung miteinander verbunden, d.h. die Partner sind in den meisten Fällen in aufeinanderfolgenden Entwicklungs- oder Wirtschaftsstufen tätig. Die vertikal strukturierten F+E-Kooperationen sind in vielen Fällen mit einer künftigen Lieferung von Produkten verbunden, die das aus der F+E-Kooperation gewonnene neue technische Wissen enthalten. Insofern sind vertikale Kooperationen längerfristiger Natur.

Demgegenüber sind horizontale F+E-Kooperationen eher kurzfristiger Natur. Sie sind dadurch charakterisiert, dass die beteiligten Partner auf gleichen Technologiefeldern tätig sind und daher mit den gleichen oder ähnlichen F+E-Problemen konfrontiert sind. Die gleichen Produkt- und Technologieinteressen beinhalten naturgemäß einen latenten Wettbewerb und machen horizontale F+E-Kooperationen zu instabilen Veranstaltungen.

- 1 Die Zusammenarbeit von Personen im Rahmen von Arbeitsgruppen, z. B. in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen, beinhaltet kein Kooperationsverhältnis in diesem Sinne.
- 2 Die folgende Typisierung von F+E-Kooperationen beruht im wesentlichen auf: Kortzfleisch, H. v., Technischer Fortschritt durch Kooperation bei Forschung und Entwicklung. – In: DABEI-Handbuch für Erfinder und Unternehmer. Hrsg. v. DABEI. Deutsche Aktionsgemeinschaft Bildung-Erfindung-Innovation. Düsseldorf: VDI-Verlag 1987. S. 77 - 82; Herzog, R., Make-or-buy-Entscheidungen. - In: F&E-Management in der Pharma-Industrie. Hrsg. v. R. Herzog. Aulendorf: Editio Cantor 1995. S. 312 - 316; Schalk, H. / Träger, U., Wissensverbreitung und Diffusionsdynamik im Spannungsfeld zwischen innovierenden und imitierenden Unternehmen. München: ifo-Institut für Wirtschaftsforschung 1999. S. 137 - 209.

Tableau: *Verschiedene Aspekte von F+E-Kooperationen*

Richtung:	Vertikal Horizontal
Intensität:	Erfahrungsaustausch Koordinierung von F+E Zentralisierung von F+E F+E-Gemeinschaftsunternehmen
Formen:	Gemeinsame F+E-Aktivitäten Externe F+E Lizenzverkehr
Ziele und Motive:	Akkumulierung von Wissen Kapazitätsengpässe bzw. -reserven Kostenteilung, -minderung Konzentration auf Spezialgebiete Elastizität bzgl. wirtschaftlicher Lagen Schnelle F+E-Abläufe Vermeidung von Doppelforschung

F+E-Kooperationen können von unterschiedlicher Intensität sein; dazu kann man vier wesentliche Formen unterscheiden:

1. Die loseste Kooperationsform ist der Ergebnis- und Erfahrungsaustausch über F+E-Probleme bestimmter Technologiebereiche. Dies wird oft von Wirtschaftsverbänden organisiert. Sie vermitteln Anstöße und Impulse in die Unternehmen hinein.
2. Die meisten F+E-Kooperationen sind dergestalt, dass die Partner aufgrund eines gemeinsamen und festgelegten Zieles ihre F+E-Aktivitäten für das betreffende Technologiefeld koordinieren, ohne dass es zu einer zentralen Zusammenlegung der einzelnen F+E-Aktivitäten kommt.
3. Deutlich höher ist der Intensitätsgrad bei Kooperationen, die mit einer zentralisierenden Zusammenlegung von F+E verbunden sind. Die beteiligten Partner geben ihre bisher autonomen F+E-Aktivitäten für den speziellen Technologiebereich auf, um durch eine Konzentration der gemeinsamen F+E-Aktivitäten eine möglichst hohe Effizienz zu erreichen.
4. Die Gründung eines F+E-Gemeinschaftsunternehmens durch die beteiligten Kooperationspartner, dessen hauptsächlicher Unternehmenszweck die zielgerichtete und systematische Zusammenführung von bisher individuellen F+E-Aktivitäten und deren Weiterführung ist, stellt die höchste Intensitätsstufe der Bündelung von F+E-Aktivitäten dar.

Neben den Kooperationen im engeren Sinne zwischen Partnern, die eigene F+E-Aktivitäten einbringen, gibt es F+E-Kooperationen im weiteren Sinne. Hierzu zählen dann auch noch:

- Externe F+E. Hierbei handelt es sich um eine partielle oder totale Verlagerung von F+E-Aktivitäten durch Vergabe von F+E-Aufträgen an externe Personen und Institutionen. Dazu gibt es private und öffentliche Stellen, die gegen Entgelt forschen und entwickeln. Externe F+E ist in der Regel eine Kooperation zwischen Produzenten und Anwendern neuen technischen Wissens.
- Lizenzvereinbarungen können ebenfalls zu F+E-Kooperationen gezählt werden. Sie haben den Transfer von F+E-Ergebnissen, insbesondere in Form von Patenlizenzen, zum Inhalt. Hier gibt es keine klare Trennung zwischen Produzenten und Anwendern neuen technischen Wissens. Der Lizenzgeber kann Produzent und Anwender sein. Außerdem sind Lizenzen nicht unbedingt als Einzelereignisse zu sehen. Die meisten Lizenzvereinbarungen basieren auf Gegenseitigkeit, auf einem Lizenztausch zwischen den Partnern.

Gründe für die Entstehung von F+E-Kooperationen sind vor allem im Wettbewerb auf Technologiemarkten zu sehen. Wie eine Untersuchung des Ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung zeigt, besteht hier ein signifikanter Zusammenhang: Von den Unternehmen, die den Wettbewerbsdruck auf ihren Märkten hoch einschätzen, sind 69 % Mitglied einer F+E-Kooperation. Bei den Unternehmen, die sich mittlerem Wettbewerbsdruck ausgesetzt sehen, sind es nur 47 %.³

Bei der Festlegung von F+E-Kooperationen sind im einzelnen folgende Ziele und Motive relevant:⁴

- Akkumulierung bzw. Vermehrung von Wissen, Erfahrungen, Ideen und Kapital (Geld, Schutzrechte, Ausstattungen, Anlagen).
- Überbrückung von Engpässen bzw. Ausnutzung von Überkapazitäten bezüglich Fachpersonal oder Forschungsanlagen.
- Kostenteilung bei vollständigem Nutzen.
- Personelle und finanzielle Konzentration auf Spezialgebiete mit laufendem Erfahrungsaustausch.
- Sicherung der Fähigkeit, sich wechselnden Verhältnissen optimal anzupassen (Elastizität).
- Notwendige F+E-Projekte können überhaupt erst in Angriff genommen, laufende Projekte schneller zum Abschluss (zum Beispiel zur Erzielung von Marktvorsprüngen) gebracht werden.
- Verhinderung eines „Wettlaufs zum Markt“ auf Kosten der Produktqualität (wenn verschiedene Unternehmen zufällig ein gleiches Produkt entwickeln).

3 Schalk, H. / Träger, U., a.a.O., S. 145.

4 Vgl. Kortzfleisch, H. v., a.a.O., S. 78.

Ein Beispiel für die Vorteilhaftigkeit von F+E-Kooperationen ist das folgende:⁵ Für ein Projekt zur Entwicklung neuer Flugzeugtriebwerke wurden als F+E-Kosten kalkuliert: 1 Mrd. US-Dollar in der Summe bei getrennter Entwicklung in den beiden in Frage kommenden Unternehmen; 800 Mio. US-Dollar bei gemeinsamer Entwicklung. Außerdem wurde festgestellt, dass im Falle einer Kooperation die Entwicklungszeit kürzer sein würde als im anderen Fall. Die beiden Unternehmen gründeten im Jahre 1999 ein F+E-Gemeinschaftsunternehmen.

Angesichts solcher Überlegungen und Vorteile ist es nicht verwunderlich, dass von den Möglichkeiten der F+E-Kooperationen auch umfangreich Gebrauch gemacht wird. Rund 63 % der F+E treibenden Unternehmen unterhalten vertraglich geregelte F+E-Kooperationen.⁶

Eine Aufgliederung nach Kooperationsarten und -partnern, wie sie in Tabelle 1 enthalten ist, zeigt, dass alle drei Kooperationsformen (im weiteren Sinne) in Anspruch genommen werden: Externe F+E, F+E-Kooperation im engeren Sinne, Lizenzvereinbarungen. Das Hauptgewicht liegt auf Kooperationen mit Partnern aus der Wirtschaft.⁷

Die Zusammenarbeit mit öffentlichen wissenschaftlichen Institutionen ist ebenfalls deutlich erkennbar, sowohl bei externer F+E (22 %), wie auch bei Kooperationen im engeren Sinne (16 %). Auch Einzelpersonen kommen als Kooperationspartner in Betracht. Hierbei handelt es sich insbesondere um Freie Erfinder.

Deutlich wird auch, dass vertikale F+E-Kooperationen dominieren, also die Beziehungen zwischen Partnern aus den Reihen der Zulieferer und Abnehmer. Eine typische horizontale Kooperation ist die mit Konkurrenten, die naturgemäß eher seltener vorkommt (6 %). Im Bereich der Lizenzvereinbarungen liegt der Schwerpunkt beim gegenseitigen Austausch von F+E-Ergebnissen in Form von Patentlizenzen.

Neben den F+E-Kooperationen von Wirtschaftsunternehmen gibt es natürlich auch solche ohne Wirtschaftsbeteiligung. Wissenschaftliche Institutionen kooperieren nicht nur mit der Wirtschaft, sondern auch miteinander und ebenfalls mit Einzelpersonen, wobei zu bemerken ist, dass diese zu einem großen Teil Universitätsprofessoren sind.

Forschung und Entwicklung zielen auf die Gewinnung neuer Erkenntnisse. Im Bereich der naturwissenschaftlich-technischen F+E sind das regelmäßig Erfindungen.⁸

5 EG-Kommission, Freistellung eines Kooperationsgemeinschaftsunternehmens, Entscheidung vom 14.9.1999. – In: *Wirtschaft und Wettbewerb* (Düsseldorf). 51(2001)1, S. 87 - 97.

6 Schalk, H. / Träger, U., a.a.O., S. 91.

7 Quelle: Europäisches Patentamt (Hrsg.), *Nutzung des Patentschutzes in Europa*. München: Europäisches Patentamt 1994, S. 62ff., 120ff.

Tabelle 1: *Kooperationsformen bei Unternehmen mit F+E*

Externe F+E: Aufträge an	
Wissenschaftliche Einrichtungen	22 %
Privatwirtschaftliche F+E-Institutionen	14 %
F+E-Kooperationen mit den Partnern	
Zulieferer	19 %
Kunden	18 %
Tochter-, Mutterunternehmen	17 %
Wissenschaftliche Einrichtungen	16 %
Berater, Einzelpersonen	11 %
Privatwirtschaftliche F+E-Institutionen	8 %
Wettbewerber	6 %
Lizenzvereinbarungen	
Lizenzwerb, -vergabe	34 %
Lizenzaustausch	23 %

Ergebnisse aus F+E-Kooperationen können sich in gemeinsamen Patentanmeldungen – in welchen die Partner gemeinschaftlich und gleichrangig als Patentanmelder auftreten – darstellen und somit Kooperationen überhaupt erst sichtbar machen. Die folgende Tabelle 2 enthält eine Auflistung der Gemeinschafts-Patentanmeldungen beim Deutschen Patentamt für die Jahre 1990 bis 2000. Die Zahl der Gemeinschaftsanmeldungen ist deutlich angestiegen, hat sich von rund 300 auf 600 im Jahr etwa verdoppelt. Gegenüber der Gesamtzahl der Patentanmeldungen (die sich ebenfalls verdoppelt hat) erscheint das insgesamt jedoch relativ gering.

Die Zahlen können nur ein unvollständiges Bild gemeinsamer Erfindungstätigkeit widerspiegeln. Erfasst wird nur, was in einem bestimmten Jahr zu einer gemeinsamen Patentanmeldung geführt hat. Außerdem können Erfindungen aus F+E-Kooperationen von einem einzigen Partner zum Patent angemeldet werden. Es ist den Kooperationspartnern unbenommen, sich intern über Patentanmelderschaft und Erfindungsnutzungen zu vereinbaren.⁹

8 Zum Zusammenhang zwischen F+E und Patenten siehe: Greif, S., Patente als Indikatoren für Forschungs- und Entwicklungstätigkeit. – In: Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft. Hrsg. v. Ch. Grenzmann / M. Müller. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft 1993, S. 33 -5 9; ders., Forschung und Entwicklung und Patente. – In: F&E-Management in der Pharma-Industrie. Hrsg. v. R. Herzog. Aulendorf: Editio Cantor 1995. S. 229 - 239.

9 Siehe dazu auch: Vogel, B. / Stratmann, B., Public Private Partnerchip. Neue Formen der Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Hannover: Hochschul-Informationssystem 2000.

Tabelle 2: *Patentanmeldungen beim Deutschen Patentamt
(Basis: veröffentlichte Anmeldungen)*

Jahr	Patentanmeldungen insgesamt	davon Gemeinschaftsanmeldungen
1990	22 926	351
1991	23 408	318
1992	23 881	306
1993	24 810	316
1994	27 064	317
1995	28 709	400
1996	31 619	453
1997	36 155	648
1998	41 807	585
1999	44 528	509
2000	44 910	616

Bei Kooperationen mit Einzelerfindern ist es manchmal so, dass diese an einem Auftreten als Patentanmelder nicht interessiert sind und ihre Teilhaberschaft lediglich durch die gesetzlich vorgesehene Erfindernennung bekunden.

Analysiert man die Gemeinschaftsanmeldungen nach Kooperationspartnern, ergibt sich folgendes (siehe Tabelle 3):

- Einzelerfinder sind an 14,6 % der Patentanmeldungen beteiligt,
- die Wissenschaft an 20,9 % der Anmeldungen und
- die Wirtschaft an 88,8 % der Anmeldungen.

Die Matrix zeigt im einzelnen, wer mit wem, in welchem Umfang kooperiert.

Die Rubrik der Kooperation von Einzelerfindern miteinander ist nicht belegt. Sie wurde in die Untersuchung nicht einbezogen. Gemeinsame Anmeldungen von natürlichen Personen sind selten und beziehen sich hauptsächlich auf Familienangehörige. Auch wenn gemeinsam erfunden wird, ist das nicht als F+E-Kooperation in diesem - vertraglich orientierten - Sinne zu bezeichnen.

Der Schwerpunkt liegt bei F+E-Kooperationen zwischen Wirtschaftsunternehmen. Auf sie entfallen 72,7 % der gemeinschaftlichen Patentanmeldungen. Es folgen die Kombinationen Wirtschaft mit Wissenschaft (9,7 %), Wissenschaft mit Einzelerfindern (8,2 %), Wirtschaft mit Einzelerfindern (6,4 %) und Wissenschaft mit Wissenschaft (3 %).

Tabelle 3: *Gemeinsame Patentanmeldungen beim Deutschen Patentamt 2000. Anteile der Kooperationspartner*

Kooperationspartner	Einzelfinder	Wissenschaft	Wirtschaft
Einzelfinder		8,2 %	6,4 %
Wissenschaft	8,2 %	3,0 %	9,7 %
Wirtschaft	6,4 %	9,7 %	72,7 %
Gesamtbeitrag	14,6 %	20,9 %	88,8 %

Die Internationale Patentklassifikation (IPC), ein technisch orientiertes hierarchisches Ordnungssystem mit rund 66000 Feineinheiten, erlaubt die Zuordnung von Patentanmeldungen zu enger oder weiter definierten Gebieten. Da die höchste Aggregationsebene mit 8 IPC-Sektionen nur relativ grobe Aussagen erlaubt und die nächste Ebene mit 118 IPC-Klassen für Gesamtbetrachtungen schlecht praktikabel ist, wurde von der Weltorganisation für geistiges Eigentum (World Intellectual Property Organization, WIPO) auf der Basis der IPC ein System entwickelt, das die gesamte Technik in 31 Gebiete einteilt und somit für Gesamtübersichten geeignet ist.¹⁰

Die entsprechende Aufschlüsselung der Patentanmeldungen macht deutlich, welche Gebiete mehr oder weniger Gegenstand der Erfindertätigkeiten sind (siehe Tabelle 4). Das wichtigste Gebiet ist mit 9,5 % aller Inlandsanmeldungen in Deutschland die Fahrzeugtechnik. Es folgen Elektrotechnik (9,2 %) und Messen, Prüfen, Optik (7,7 %). Auf diese drei Gebiete entfällt somit etwa ein Viertel der Patentanmeldungen. Die geringsten Patentaktivitäten finden sich in den Bereichen Kernphysik und Bergbau, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass diese Gebiete relativ eng definiert sind.

Die vorgegebenen Bezeichnungen der technischen Gebiete lassen nicht immer unmittelbar erkennen, was im einzelnen darin enthalten ist. So verbirgt sich zum Beispiel hinter „Fermentierung, Zucker, Häute“ auch die Biotechnologie mit einem Anteil von 95 %.

Neben den Zahlen für alle inländischen Patentanmeldungen enthält die Tabelle 4 die Verteilung der Gemeinschaftsanmeldungen nach technischen Gebieten. Der Vergleich zeigt ein uneinheitliches Bild, neben Übereinstimmungen sind auch deutliche Abweichungen erkennbar.

10 World Intellectual Property Organization, Industrial Property Statistics 1997. Genf: WIPO 2000.

Tabelle 4: *Patentanmeldungen inländischer Herkunft beim Deutschen Patentamt im Jahre 2000 nach technischen Gebieten.
(Basis: veröffentlichte Anmeldungen)*

Technisches Gebiet	Prozentuale Verteilung	
	Alle Anmeldungen	Anmeldungen mit mehreren Anmeldern
Fahrzeuge, Schiffe, Flugzeuge	9,5	8,9
Elektrotechnik	9,2	9,7
Messen, Prüfen, Optik, Photographie	7,7	10,7
Maschinenbau im allgemeinen	6,2	4,9
Bauwesen	5,8	4,2
Kraft- und Arbeitsmaschinen	5,0	3,9
Gesundheitswesen (ohne Arzneimittel), Vergnügungen	4,6	3,9
Fördern, Heben, Sattlerei	4,5	2,8
Elektronik, Nachrichtentechnik	4,2	2,9
Zeitmessung, Steuern, Regeln, Rechnen, Kontrollieren	4,2	3,1
Trennen, Mischen	3,9	4,4
Organische Chemie	3,7	4,1
Schleifen, Pressen, Werkzeuge	3,7	4,9
Persönlicher Bedarf, Haushaltsgegenstände	3,3	0,6
Beleuchtung, Heizung	3,3	2,9
Metallbearbeitung, Gießerei, Werkzeugmaschinen	3,0	3,6
Organische makromolekulare Verbindungen	2,6	2,4
Anorganische Chemie	1,9	2,9
Textilien, biegsame Werkstoffe	1,7	0,8
Farbstoffe, Mineralölindustrie, Öle, Fette	1,7	2,4
Medizinische und kosmetische Präparate	1,6	2,9
Unterricht, Akustik, Informationsspeicherung	1,4	1,0
Druckerei	1,4	1,3
Landwirtschaft	1,3	1,0
Hüttenwesen	1,2	4,4
Fermentierung, Zucker, Häute	0,8	3,1
Waffen, Sprengwesen	0,7	1,0
Nahrungsmittel, Tabak	0,7	0,5
Papier	0,6	0,5
Bergbau	0,4	0,3
Kernphysik	0,2	0,0
	100,0	100,0

Auffallend stark sind die F+E-Kooperationen demnach in den Bereichen Messen und Prüfen, Hüttenwesen und Fermentierung (=Biotechnologie). Demgegenüber sind Kooperationen zum Beispiel in den Bereichen Maschinenbau, Bauwesen und Haushaltsgegenstände nur relativ schwach vertreten.

Weitergehende Aufschlüsse über Kooperationsteilnehmer und deren Erfindungen vermittelt die Analyse einzelner gemeinschaftlicher Patentanmelder.

Mit einer Beteiligung an 36 Patentanmeldungen des Jahres 2000 ist die Fraunhofer-Gesellschaft für angewandte Forschung der aktivste Kooperator aus dem Bereich der Wissenschaft (siehe Tabelle 5). Bei zehn Patentanmeldungen handelt es sich um Kooperationsgruppen mit mehr als zwei Partnern. Mit 31 Fällen überwiegen die Kooperationen mit Unternehmen des Wirtschaftssektors. In jeweils acht Fällen finden Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen und mit Einzelerfindern statt.¹¹

Es ist auffallend, dass die überwiegende Zahl der Einzelerfinder als Professoren ausgewiesen ist. Das lässt darauf schließen, dass deren Erfindungen aus der Hochschulforschung stammen. Nach dem Arbeitnehmererfinderrecht können Hochschullehrer über ihre Erfindungen frei verfügen.

Wie die Angaben zu den einzelnen Kooperationspartnern erkennen lassen, beschränkt sich die Zusammenarbeit nicht auf das Inland; in vier Fällen sind auch ausländische Partner mit der Fraunhofer-Gesellschaft verbunden.

Der größte Kooperator im Sinne gemeinschaftlicher Patentanmeldungen ist die DaimlerChrysler AG. Sie ist im Jahre 2000 mit 41 Erfindungen aus Kooperationen ausgewiesen (siehe Tabelle 6).¹¹ Im Gegensatz zu den Erfindungen der Fraunhofer-Gesellschaft, die über das gesamte Spektrum der Technik streuen, ist hier naturgemäß eine Fokussierung auf die Fahrzeugtechnik gegeben. Die Kooperationspartner kommen fast durchweg aus der Wirtschaft; lediglich eine Patentanmeldung wurde zusammen mit einer Wissenschaftsinstitution getätigt und zwei mit einem Einzelerfinder.

Wie die Tabelle 6 erkennen lässt, überwiegen vertikale F+E-Kooperationen, also solche mit Zuliefer-Firmen. Daneben gibt es aber auch horizontale F+E-Kooperationen. Offenbar existiert ein gemeinsames F+E-Projekt zur Abgastechnik (aus dem bereits mehrere Erfindungen hervorgegangen sind), an welchem fünf große deutsche Automobilhersteller beteiligt sind, die sich ansonsten auf dem Markt als Konkurrenten bewegen.

11 Zur besseren Übersicht sind in den Tabellen 5 und 6 die Kooperationspartner der Kategorien Wissenschaft (w) und Einzelerfinder (e) speziell markiert; alle anderen beziehen sich auf Unternehmen der Wirtschaft.

Tabelle 5: *Fraunhofer-Gesellschaft. Gemeinsame Patentanmeldungen beim Deutschen Patentamt im Jahre 2000*

	Erfindung	Kooperationspartner	
1	Optisches Schichtsystem	arcon-Flachglas-Veredelungsgesellschaft, Feuchtwangen	
2	Kontrolle Sägeprozess	Bayer Solar GmbH, Freiberg	
3	Immobilisierte Moleküle	Brededorst, Reinhard 'Prof. Dr.', Hamburg	e
4	Weichmagnetische Sinterbauteile	BT Magnet-Technologie GmbH, Herne	
5	Transportvorrichtung	Centrotherm GmbH, Blaubeuren ACR GmbH, Niedereschach	
6	Klebstoffsystem	DaimlerChrysler AG, Stuttgart Henkel Teroson GmbH, Heidelberg	
7	Energieabsorbierende Element	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Bonn	
8	Gefechtskopf mit Splitterwirkung	Diehl Stiftung & Co., Nürnberg	
9	Biologische Abfälle	Dr. Hielscher GmbH, Teltow WE-Ingenieurgesellschaft Wasser mbH, Radebeul	
10	Erzeugung von Farbkontrasten	Erbslöh AG, Velbert	
11	Herzklappenprothese	Figulla, Hans-Reiner 'Prof. Dr.med.', Jena Ferrari, Markus 'Dr.med. Dr.disc.pol.', Jena Lang, Klaus 'Dr.med.', Cospeda	ee e
12	Laserstrahlungen	Forschungsverbund Berlin e.V.	w
13	Beschichtung für Werkzeuge	Gadow, Rainer 'Prof. Dr.', Aschau Universität Stuttgart	e w
14	Metallformspritzen	GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH TRICUMED Medizintechnik GmbH, Kiel	w
15	SPR-Sensor	Graffinity Pharmaceutical Design GmbH, Heidelberg	
16	Abtrennung Materialfraktionen	Högl Kompost- und Recycling-GmbH, Volkenschwand	
17	Prüfung mittels Ultraschall	Innotest AG, Eschlikon (CH)	
18	Magnetspeicherplatten	International Business Machines Corp., Armonk N.Y. (US)	
19	Blähschlamm	IWE-Ingenieurgesellschaft Wasser mbH, Radebeul Dr. Hielscher GmbH, Teltow	
20	Verbundstoffe	JENOPTIK AG, Jena	
21	Transport von Flüssigkeiten	JENOPTIK AG, Jena	
22	Plasmatechnischen Abscheidung	Leybold Systems GmbH, Hanau	
23	Solarzellen	Leybold Systems GmbH, Hanau	
24	Kolben-Herstellung	Lucas Industries PLC, Solihull (GB)	
25	Druckluftinhalator	Max-Delbrück-Centrum für molekulare Medizin, Berlin	w
26	Gewinnung von Bakteriorhodopsin	Max-Planck-Gesellschaft e.V., München	w
27	Mikrowellenabsorbierender Kunststoff	Mügge Electronic GmbH, Reichelsheim Dommer, Armin, Ditzingen	e
28	Mikrowellenabsorbierender Kunststoff	Mügge Electronic GmbH, Reichelsheim Dommer, Armin, Ditzingen	e
29	Isolator	Siemens AG, München	
30	Aluminiumlegierungen	Technische Universität Dresden	w
31	Kunststoff-Werkstoff	TECNARO Gesellschaft mbH, Pfinztal	
32	Verbundkörper	TECNARO Gesellschaft mbH, Pfinztal	
33	Herstellung Formkörper	TECNARO Gesellschaft mbH, Pfinztal	
34	Leichtbeton	Universität Karlsruhe	w
35	Photoresistschichten	Wilbers, Wilhelmus 'Dipl.-Ing.', Udenhout (NL) micro resist technology GmbH, Berlin	e
36	Qualitätsüberwachung	X-FAB Semiconductor Foundries GmbH, Erfurt	

Tabelle 6: *Daimler Chrysler AG. Gemeinsame Patentanmeldungen beim Deutschen Patentamt im Jahre 2000*

	Erfindung	Kooperationspartner	
1	Aktor zur Ventilsteuerung	AB Elektronik GmbH, Werne	
2	Schlitzabdeckung für ein Gehäuse	Alu Kunststofftechnik für Automobile GmbH, Nürnberg	
3	Regelung Drehmoment	AUDI AG, Ingolstadt Volkswagen AG, Wolfsburg	
4	Überwachung der Abgasnachbehandlung	AUDI AG, Ingolstadt Bayerische Motoren Werke AG, München Dr.Ing.h.c. F. Porsche AG Stuttgart	
5	Abgasreinigungsanlage	AUDI AG, Ingolstadt Bayerische Motoren Werke AG, München Dr.Ing.h.c. F. Porsche AG, Stuttgart Volkswagen AG, Wolfsburg	
6	Funktionsüberprüfung von Katalysatoren	AUDI AG, Ingolstadt Bayerische Motoren Werke AG, München Dr.Ing.h.c. F. Porsche AG, Stuttgart Volkswagen AG, Wolfsburg	
7	Strahlungshärtbare Verbundschichtplatte	BASF AG, Ludwigshafen	
8	Klimatisierung Fahrzeuginnenraum	Behr GmbH, Stuttgart	
9	Wärmeaustauschereinheit	Behr GmbH, Stuttgart	
10	Sicherheits-Klebefolie	Beiersdorf AG, Hamburg	
11	Prägetolie als Dekorationsmaterial	Bolta-Werke GmbH, Godmadingen	
12	Definiert spannbare Spannelement	Christian Bauer GmbH, Welzheim	
13	Bedarfsabhängige Pumpeneinstellung	Continental Teves AG, Frankfurt am Main	
14	Antriebschlupfregelverfahren	Continental Teves AG, Frankfurt am Main	
15	Fahrstabilitätsregelung	Continental Teves AG, Frankfurt am Main	
16	Steuerung der Fahrdynamik Kraftfahrzeug	Continental Teves AG, Frankfurt am Main	
17	Erkennen Vorwärts/Rückwärtsfahrt	Continental Teves AG, Frankfurt am Main	
18	Steuerung Fahrzeugbremsanlage	Continental Teves AG, Frankfurt am Main	
19	Fahrzeugdach	CTS Fahrzeugdachsysteme, Hamburg	
20	Schalter für Fahrzeuge	Delphi Technologies Inc., Troy (US)	
21	Kontaktierinrichtung f. Tauchlackierung	Duerr Systems GmbH, Stuttgart	
22	Steuerung eines Generators	EvoBus GmbH, Stuttgart	
23	Werkzeug	Ex-Cell-O GmbH, Eisingen Ford-Werke AG, Köln	
24	Halter für Getränkebehälter	fischerwerke Artur Fischer GmbH, Waldachtal	
25	Klebstoffsystem	Fraunhofer-Gesellschaft e.V., München Henkel Teroson GmbH Heidelberg	w
26	Triebwerk	Industrieanlagen-Betriebs-GmbH, Ottobrunn	
27	Einspritzsystem	Institut für Motorenbau Prof. Huber GmbH, München	
28	Kühlung einer elektrischen Maschine 1	Kletrovs, Jeff, Columbus (US)	e
29	Kühlung einer elektrischen Maschine 2	Kletrovs, Jeff, Columbus (US)	e
30	Elektron. steuerbarer Bremskraftverstärker	Lucas Industries PLC, Solihull (GB)	
31	Entlüftung von Motorkurbelgehäusen	MAHLE Filtersysteme GmbH, Stuttgart	
32	Schließsystem für Kraftfahrzeuge	Marquardt GmbH, Rietheim-Weilheim	
33	Randwinkelsteller	Mercedes-Benz Lenkungen GmbH, Düsseldorf	
34	Isolierte Schlauchleitung	Mündener Gummiwerk GmbH, Hann Münden	
35	Überwachungssystem Fertigungsanlage	Prodatas GmbH, Böblingen	
36	Überwachungssystem Lackieranlage	Prodatas GmbH, Böblingen	
37	Überwachung elektrostatischer Zerstäuber	Prodatas GmbH, Böblingen	
38	Beleuchtungssystem für Kraftfahrzeug	Robert Bosch GmbH, Stuttgart	
39	Verkleidungsteil für Dekorationszwecke	Rochus Jogerst GmbH, Oberkirch	
40	Fahrzeugkommunikationssystem	Siemens AG, München	
41	Heizeinrichtung für Fahrzeuge	Webasto Thermosysteme GmbH, Stockdorf	

Lizenzen als Instrumente von F+E-Kooperationen sind differenzierter Natur. Sie können, wie oben bereits erwähnt, Gegenstand von Vereinbarungen im Rahmen gemeinsamer F+E sein, sie können aber auch zu einem späteren Zeitpunkt ansetzen, indem eine angemeldete Erfindung erst den Ausgangspunkt für eine Kooperation darstellt.

Nach dem Patentgesetz kann ein Patentinhaber mittels einer Lizenz anderen ein Benutzungsrecht an seiner Erfindung einräumen. Dabei sind zwei Arten von Lizenzen zu unterscheiden: ausschließliche und einfache Lizenzen. Die ausschließliche Lizenz verleiht dem Lizenznehmer das Benutzungsrecht und das gegen jedermann wirkende Ausschlussrecht. Die einfache Lizenz gewährt dagegen nur ein Benutzungsrecht.

Dass der Staat dem Lizenzwesen und seiner Förderung volkswirtschaftliche Bedeutung beimisst, geht aus den entsprechenden patentrechtlichen Bestimmungen hervor. Danach können Patentanmelder und -inhaber als Technologie-Anbieter gegenüber dem Patentamt Lizenzbereitschaft oder Lizenzinteresse erklären. Das Patentamt registriert und veröffentlicht diese Erklärungen. Wie aus der Tabelle 7 ersichtlich ist, werden pro Jahr rund 6000 solcher Lizenzangebote abgegeben.¹² Die Lizenzbereitschaftserklärung kann nur eine einfache Lizenz begründen; bei der Unverbindlichen Lizenzinteresseerklärung sind alle Lizenzformen möglich. In welchem Umfang von diesen Lizenzangeboten Gebrauch gemacht wird, ist leider nicht erfassbar, da es keine diesbezügliche Meldepflicht gibt. Dass die Wirtschaft von den Möglichkeiten der Lizenzierung Gebrauch macht, wurde bereits dargelegt: etwa ein Drittel der F+E treibenden Unternehmen nutzt dieses Instrument der Kooperation (siehe Tabelle 1).

Tabelle 7: *Lizenzangebote.
Erklärungen gegenüber dem Deutschen Patentamt*

Jahr	Lizenzbereitschaftserklärung	Unverbindliche Lizenzinteresseerklärung
1994	2 700	2 362
1995	3 690	2 372
1996	2 963	2 698
1997	2 947	2 608
1998	2 853	2 767
1999	3 719	2 902
2000	2 833	3 018

12 Quelle: Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen (München). 103(2001)3, S. 85.

Empirische Untersuchungen zeigen, dass insbesondere die technologie- und forschungsintensiven Unternehmen überdurchschnittlich große Aktivität im Austausch von Lizenzen entfalten.¹³ Ein wesentlicher Grund kann darin gesehen werden, dass diese Gruppe von Unternehmen aufgrund der relativ hohen Komplexität der zu lösenden technischen Fragestellungen vielfach gezwungen ist, zusätzlich technisches Wissen in Form einer Lizenznahme zu erwerben. Darüber hinaus haben die in einer gemeinsamen Forschung vielfach notwendigen netzwerkartigen Lizenzabsprachen zwischen den Partnern zur Folge, dass die beteiligten Unternehmen überdurchschnittlich häufig sowohl den Status des Lizenznehmers als auch den des Lizenzgebers besitzen.

Für die forschungsintensive Pharma-Branche wurde beispielsweise festgestellt, dass die neu auf den Markt kommenden Arzneimittel zu 42 % auf F+E-Austausch über Lizenzen beruhen.¹⁴

Für den Wissenschaftssektor sind Patente und Lizenzen von besonderer Bedeutung. Durch die Anmeldung zum Patent wird eine Erfindung zum handelbaren und transferierbaren Gut. Da Forschungsinstitute üblicherweise nicht über die Produktionsmöglichkeiten verfügen, um Erfindungen praktisch ausüben zu können, haben sich Patente und die daraus geknüpften Lizenzen als nützliche und leistungsfähige Transferinstrumente erwiesen.¹⁵

Das belegen einige Zahlen: Die Fraunhofer-Gesellschaft hat im Jahre 2000 Lizenzinnahmen in Höhe von 39 Mio. DM erzielt.¹⁶ Die Max-Planck-Gesellschaft hatte 1999 rd. 30 Mio. DM Lizenzinnahmen.¹⁷ Die Star-Erfindung, eine Verbesserung der Kernspintomographie, ist weltweit lizenziert und hat seit 1992 über 100 Mio. DM eingebracht.

F+E-Kooperationen mittels Lizenzvereinbarungen beschränken sich natürlich nicht auf den nationalen Bereich, sondern bewegen sich auch im globalen Raum. Für Deutschland erfasst die Deutsche Bundesbank im Rahmen der Zahlungsbilanz Einnahmen und Ausgaben im Patent- und Lizenzverkehr der Bundesrepublik Deutschland mit dem Ausland.

13 Schalk, H. / Träger, U., a.a.O., S. 177.

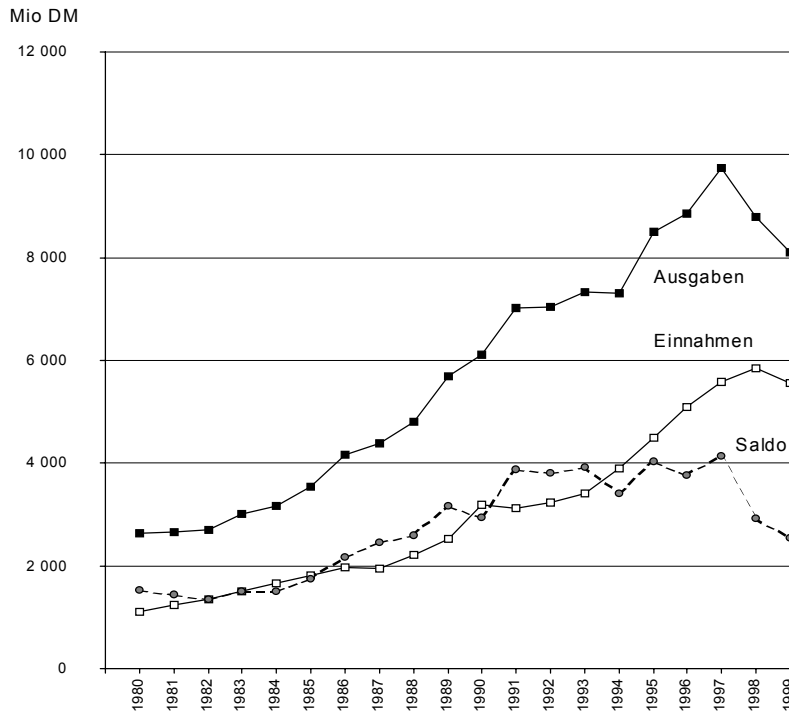
14 Zumbroich, T. / Gadické, A. / Steiner, M., Strategische Neuorientierung der pharmazeutischen Forschung und Lizenzierung. – In: F&E-Management in der Pharma-Industrie. Hrsg. v. R. Herzog. Aulendorf: Editio Cantor 1995, S. 328 - 338.

15 Siehe dazu: Greif, S., Der Beitrag der Wissenschaft zur Produktion technischen Wissens. – In: ifo-Studien. Zeitschrift für empirische Wirtschaftsforschung (Berlin). 45(1999)4, S. 541 - 559.

16 Fraunhofer-Patentstelle für die Deutsche Forschung, Rückblick 2000. – In: Info Mail (München). (2001)1, S. 1.

17 Bludau, B., Vom Wissen zum Wohlstand. – In: Wirtschaft&Wissenschaft (Essen). 8(2000)3, S. 29 - 35.

Abbildung 1: *Die deutsche Patent- und Lizenzbilanz im Verkehr mit dem Ausland. Einnahmen - Ausgaben - Salden*



Anmerkung

Wie der Abbildung 1 zu entnehmen ist, bewegt sich der internationale Lizenzverkehr in beachtlichen Größenordnungen und hat eine deutliche Ausdehnung erfahren. Ein starkes Wachstum ist sowohl auf der Aktivseite als auch auf der Passivseite zu verzeichnen.¹⁸ In den letzten zwei Jahrzehnten stiegen die Einnahmen von 1,1 Mrd. DM im Jahre 1980 auf 5,6 Mrd. DM im Jahre 1999. Im gleichen Zeitraum stiegen die Ausgaben für Patente und Lizenzen allerdings von 2,6 Mrd. DM auf 8,1 Mrd. DM an, so dass ein Ausgabenüberschuss zu verzeichnen ist, der sich im Beobachtungszeitraum von 1,5 Mrd. DM auf 2,5 Mrd. DM entwickelte.

Die Statistik weist von Anfang an, seit Bestehen der Bundesrepublik, für jedes Jahr mehr Ausgaben als Einnahmen im internationalen Patent- und Lizenzverkehr aus.¹⁹ Bis 1991 folgte der Saldo einem ansteigenden Trend; bis 1997 ist

18 Quellen: Monatsberichte der Deutschen Bundesbank (Frankfurt am Main). 40(1988)5, S. 40.; Deutsche Bundesbank, Technologische Dienstleistungen in der Zahlungsbilanz, Statistische Sonderveröffentlichung, Frankfurt am Main, Mai 2000, S. 7.

dann ein gleichbleibendes Niveau bei einem Saldo von rund 4 Mrd. DM zu verzeichnen; in jüngster Zeit ist ein auffallender Rückgang des Negativ-Saldos zu beobachten.

Ein Vergleich mit anderen Ländern zeigt, dass ein Defizit in der Patent- und Lizenzbilanz nichts Ungewöhnliches ist. Von den wichtigen Industrieländern, die in der Tabelle 8 ausgewiesen sind, haben nur drei Länder einen positiven Saldo: USA, Großbritannien, Schweden.²⁰

Tabelle 8: *Patent- und Lizenzbilanz ausgewählter Länder 1998
(in Millionen US-Dollar)*

Länder	Einnahmen	Ausgaben	Saldo
USA	36 810	11 290	25 520
Japan	7 390	8 950	-1 560
Großbritannien	6 720	6 120	600
Deutschland	3 250	4 890	-1 640
Niederlande	2 432	2 964	- 532
Frankreich	2 340	2 720	- 380
Schweden	1 114	939	175
Belgien/Luxemburg	645	1 099	- 454
Italien	477	1 155	- 678
Australien	275	1 010	- 735
Spanien	243	1 866	-1 623

Die Technologieführerschaft der US-amerikanischen Wirtschaft und Wissenschaft in vielen Bereichen entfacht naturgemäß starke Kooperationsinteressen bei möglichen Partnern in anderen Industrieländern. So finden die weltweiten negativen Salden in den gewaltigen Einnahmen und dem entsprechenden positiven Saldo der USA ihr Spiegelbild.

19 Eine Zeitreihe ab 1950 sowie eine ausführliche Analyse zu Methodik, Inhalt und Aussagekraft der Patent- und Lizenzbilanz enthält die Arbeit: Greif, S., Die Deutsche Patent- und Lizenzbilanz. – In: Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht. Internationaler Teil (Weinheim). (1979)10, S. 450 - 460.

20 Quelle: Deutsche Bundesbank, a.a.O., S. 20.

MATTHIAS KÖLBEL

Das Wachstum der Wissenschaft in Deutschland 1650-2000

Der Physiker und Wissenschaftshistoriker Derek J. de Solla Price hat in den 1960er Jahren das Wachstum der Naturwissenschaften untersucht. In seinem Buch *Little Science - Big Science*¹ kommt er zu dem Schluss, dass das Wachstum zwischen 1650 und 1950 stets exponentiell verlaufen sei. Die Verdopplungszeit habe dabei nur 15 Jahre betragen. Das bedeutet, binnen 300 Jahren wäre die Naturwissenschaft um einen Faktor 2^{20} - 1 Million gewachsen. Zum Vergleich: In der selben Zeit hat sich die Weltbevölkerung nur etwa verzehnfacht.

Price war der Ansicht, dass ein derartig rasches Wachstum nicht auf Dauer fortsetzbar sei. Schon 1960 beanspruchten die Wissenschaftsausgaben der USA 2% der Wirtschaftsleistung, und 0,05% der US-Bevölkerung waren als Naturwissenschaftler tätig. Da Wirtschaft und Bevölkerung um vieles langsamer wüchsen als die Wissenschaft, könne die Expansion der Wissenschaft nicht mehr im bisherigen Tempo voranschreiten. Die Vorstellung, dass beim gegenwärtigen Wachstumstempo in 200 Jahren rein rechnerisch 2 Wissenschaftler pro Einwohner existieren müssten, ist einfach absurd. Price sagte deshalb voraus, das Wissenschaftswachstum werde sich sehr bald verlangsamen und einer symmetrischen S-Kurve folgen.

1. *Wachstumsverlauf in Deutschland*

Nun liegen die Untersuchungen von Price ungefähr vier Jahrzehnte zurück. Wenn er mit seinen Prognosen recht gehabt hat, sollte sich die Verlangsamung des Wissenschaftswachstums heute nachweisen lassen. Doch wie mist man die Größe der Wissenschaft über drei Jahrhunderte?

Price selbst misst die Höhe der zur Verfügung gestellten Ressourcen - Geld, Manpower und wissenschaftliche Einrichtungen - und das Ausmaß bestimmter wissenschaftlicher Aktivitäten - die Anzahl der Publikationen, Journale und Review-Zeitschriften. Nicht alle dieser Indikatoren lassen sich aber tatsächlich über

1 de Solla Price, D.J., *Little Science - Big Science*. New York: Columbia University Press 1963; dt., *Little Science, Big Science - Von der Studierstube zur Großforschung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1974.

350 Jahre verfolgen. Beispielsweise gibt es Statistiken über Wissenschaftsausgaben und brauchbare Inflationsindices erst seit etwa 1920.

Lässt man sich von dem grundsätzlichen Einwand, dass quantitative Analysen in den Sozialwissenschaften stets Äpfel mit Birnen vergleichen, nicht abschrecken, so spricht wenig dagegen, die *Zahl der Professorenstellen*, die *Zahl der Hochschulen* und die *Höhe der Wissenschaftsausgaben* als Ressourcenmaße auszuwählen.

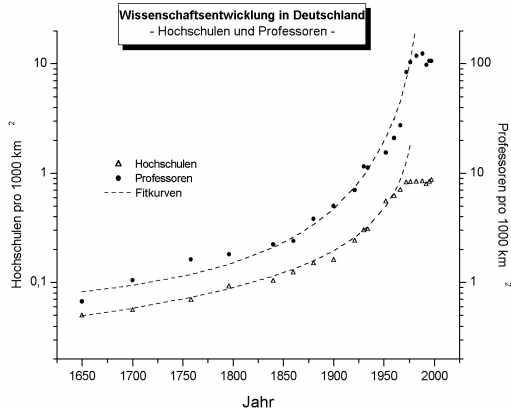
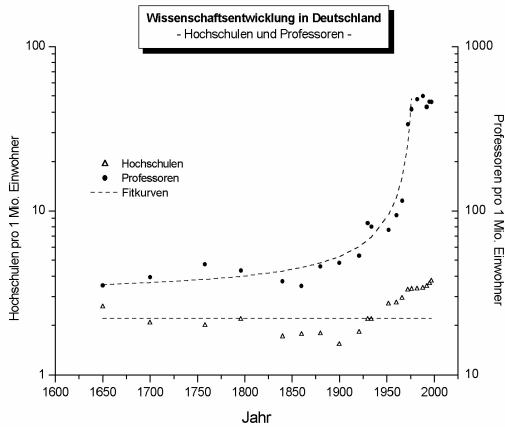
In einer eigenen Studie² wurde die zeitliche Entwicklung dieser drei Indikatoren für Deutschland untersucht, wobei bis 1914 die Grenzen von 1871, von 1918-1936 die Grenzen von 1925 und ab 1949 die jeweiligen Grenzen der BRD zugrunde gelegt wurden. Als Hochschulen wurden alle Einrichtungen berücksichtigt, die zu akademischen Graden führen, mit Ausnahme der Verwaltungsfachhochschulen. Professoren im Sinne dieser Untersuchung sind Festangestellte mit Lehr- und Prüfungsbefugnis an einer Hochschule, also ordentliche, außerordentliche und außerplanmäßige Professoren. Die Wissenschaftsausgaben wurden als staatliche sowie private FuE-Aufwendungen operationalisiert, ausgedrückt in konstanten Preisen von 1991.

Damit die häufigen territorialen Veränderungen nicht voll auf die Indikatoren durchschlagen und sich als Sprünge bemerkbar machen, wurde die Indikatoren bei der Auswertung auf sinnvolle Basisgrößen bezogen: Die Anzahl der Professoren und der Hochschulen wurde relativ zu Fläche und Bevölkerung betrachtet, und die Wissenschaftsausgaben relativ zu Bevölkerung und Bruttosozialprodukt. Das Ergebnis zeigen die untenstehenden vier Diagramme.

Die flächenbezogene Hochschuldicke ist zwischen 1650 und 1970 auf das 18fache gestiegen; die Professordichte wuchs sogar um reichlich zwei Größenordnungen. Die zeitlichen Entwicklungskurven lassen sich gut durch eine Hyperbel $\propto (t_0-t)^{-1}$ bzw. eine quadrierte Hyperbel $\propto (t_0-t)^{-2}$ fiten, vgl. Abbildung 1. Es sieht demnach so aus, als wäre die Zahl der Hochschulen hyperbolisch gewachsen - wobei die Hochschulgröße ihrerseits hyperbolisch gewachsen ist, so dass die Zahl der Professoren mit $\propto (t_0-t)^{-2}$ anstieg. Da auch die Bevölkerungsdichte in guter Näherung hyperbolisch wuchs (auf das 12fache), blieb die Zahl der Hochschulen pro Einwohner über die Jahrhunderte in etwa konstant, vgl. Abbildung 2. Der Anteil der Professoren an der Bevölkerung wiederum ist entsprechend hyperbolisch gewachsen, etwa um eine Zehnerpotenz. Bei allen vier Indikatoren setzte vor etwa 20 Jahren ziemlich plötzlich Stagnation ein - ganz so,

2 Kölbl, M., Wachstum der Wissenschaftsressourcen 1650-2000 in Deutschland. - In: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte (Weinheim). 25(2002)1, S. 1 - 23. Dort sind auch die Originaldaten ausführlich dargestellt.

Für die Erlaubnis, die Ergebnisse und Teile des Aufsatzes wiederverwenden zu dürfen, danke ich dem Herausgeber Fritz Krafft.

Abbildung 1: *Flächenbezogene Professoren- und Hochschuldichte*Abbildung 2: *Bevölkerungsbezogene Professoren- und Hochschuldichte*

als hätte man das Wachstum bis zum Limit getrieben und dann abbrechen müssen. Wäre das Wachstum in der bisherigen Weise fortgesetzt worden, hätte es mittlerweile die Unendlichkeitsstelle t_0 überschritten. Ein solches Szenario wäre absurd.

Die Wissenschaftsausgaben lassen sich nicht so gut fitten, was angesichts der wirtschaftlichen Turbulenzen im 20. Jahrhundert - 1. Weltkrieg, Inflation, Weltwirtschaftskrise, 2. Weltkrieg, Wiederaufbau, Vereinigung - kein Wunder ist. Die Tendenz ist aber gleichfalls klar erkennbar: Rasches und sich beschleunigendes

Wachstum vor allem in der von Großforschung geprägten Nachkriegsperiode, einsetzende Stagnation in den 70er Jahren bei den öffentlichen Wissenschaftsausgaben sowie massiver Einbruch der privaten FuE-Aufwendungen Anfang der 90er Jahre, vgl. Abbildungen 3 und 4.

Abbildung 3: *Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE)*

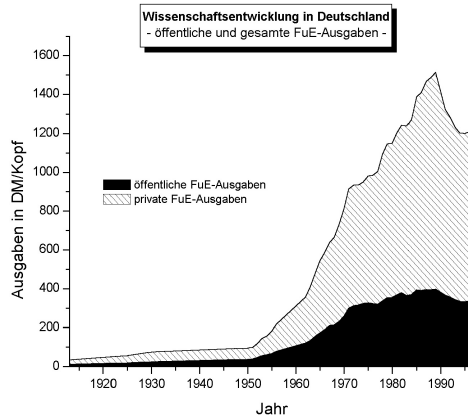
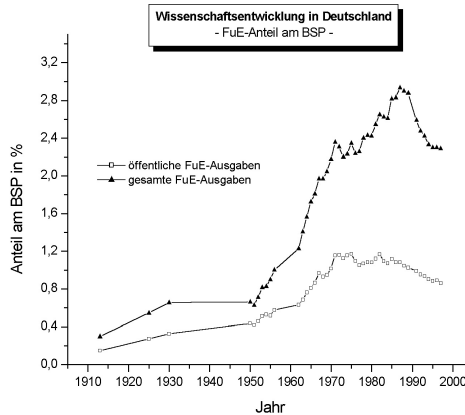


Abbildung 4: *FuE-Anteil am Bruttonationalprodukt*



Die Indikatoren zeigen also nicht den von Price vermuteten, zunächst exponentiellen und dann in eine logistische S-Kurve abknickenden Verlauf. Der gefundene hyperbolische Verlauf ist aber viel plausibler als Pricens Vermutung: Exponentielle Kurven findet man bei freiem Wachstum z.B. von Bakterienpopulatio-

nen. Der Zuwachs ist dort stets proportional zum schon erreichten Populationsumfang. Daraus resultiert eine konstante Verdopplungszeit. Die Wissenschaft dagegen hat es geschafft, ihre Wachstumsbedingungen stets zu verbessern und so ihre Verdopplungszeit von etwa 130 Jahren um 1700 auf etwa 15 Jahre um 1950 zu reduzieren. Darin spiegelt sich das, was als *Verwissenschaftlichung der Gesellschaft* bezeichnet wird. Das Wissenschaftssystem ist - so lange es ging - immer schneller gewachsen. Das nun abrupt eingetretene Ende des Wissenschaftswachstums liegt nicht an mangelndem politischen Willen, in die Zukunft zu investieren, sondern ist unvermeidliche Folge der Dynamik des Wissenschaftssystems. Das entscheidende Ergebnis ist eindeutig: Die Zeiten stürmischen Wachstums der Wissenschaft sind endgültig vorüber. Uns steht der Übergang zu einem neuen Stadium der Wissenschaft ins Haus, das John Ziman treffend als *Steady State* bezeichnet. Zur Einstimmung auf das Kommende mögen uns die Worte von Derek J. de Solla Price zum Geleit dienen, der er vor 40 Jahren notierte, als er den Übergang von *Little Science* - am Bild des Stubengelehrten festgemacht - zur ressourcenintensiven Großforschung - der *Big Science* mit ihren riesigen Beschleunigern - und weiter in eine noch unbekannte Sättigungsperiode zum ersten Mal thematisierte:

“Auf jeden Fall weist das Auftreten neuer Phänomene im Spannungsfeld von Wissenschaft und Gesellschaft auf eine Entwicklung hin, die sich völlig von dem charakteristischen stetigen Wachstum in der ganzen historischen Vergangenheit unterscheidet. Die neue Epoche zeigt alle Symptome der Sättigung. Ich muss hier hinzufügen, dass dies mehr Hoffnung als Verzweiflung hervorrufen soll. Sättigung bedeutet selten Tod, sondern vielmehr, dass wir am Anfang neuer und erregender Arbeitsweisen der Wissenschaft stehen, bei denen man nach ganz anderen Grundsätzen vorgeht.

Es geht aber um eine ernste Sache, denn wenn man *Big Science* so interpretiert, so wird sie zu einem ungemütlich kurzen Zwischenspiel zwischen den Jahrhunderten der traditionellen *Little Science* und der bevorstehenden Periode, die dem Umbruch folgt. Wenn wir wissenschaftlich über Wissenschaft diskutieren und entsprechend planen wollen, so müssen wir die Wissenschaft dieser näherkommenden Periode von *Big Science* unterscheiden und *New Science* oder stabile Sättigung nennen. Wenn wir mit ihre keine Hoffnung verbinden, sollten wir sie Senilitätsperiode nennen.”³

2. Wachstumseffekte

Bevor wir die Konsequenzen des Übergangs in den *Steady State* untersuchen, sollen anhand dreier Thesen zuerst noch einige grundsätzliche Überlegungen zu

3 de Solla Price, D. J., *Little Science – Big Science*, S. 42.

Wachstumseffekten in der Naturwissenschaft vorgestellt werden, die Nicholas Rescher⁴ in seinem wunderbaren Buch *Wissenschaftlicher Fortschritt* zusammengetragen hat.

Abnehmender Grenznutzen: *Je mehr schon bekannt ist, desto mehr Aufwand muss für neue Entdeckungen getrieben werden.*

In der Naturwissenschaft ist es wie beim Entdecken neuer Kontinente: Hat man erst einmal Mut gefasst, den Ozean zu überqueren, ist das Entdecken unbekannter Küsten zuerst ein Kinderspiel. Je mehr aber die weißen Flecken auf der Landkarte verschwinden, desto aufwendiger werden die Expeditionen, weil der Zugang zur verbliebenen Terra incognita immer schwieriger wird. Nach Amerika zu segeln, ist ein Klacks gegenüber den Mühen, zum Mars zu fliegen.⁵ Eine ähnliche Tendenz kann auch in der Naturwissenschaft beobachtet werden: Die Experimente werden in allen Disziplinen immer teurer und voraussetzungsvoller. Im Durchschnitt sind die Sachkosten für Apparate und Laboreinrichtungen viel schneller gestiegen als alle anderen Indikatoren für das Wissenschaftswachstum. Gleichzeitig muss die Manpower immer länger trainiert werden, bis sie endlich eigenständig an der Forschungsfront arbeiten kann. War es Anfang des Jahrhunderts üblich, sein Studium mit Anfang 20 gleich mit der Promotion zu beenden und schon bald darauf als Privatdozent selbständig arbeiten zu können, ist man heute nach zehn Jahren Studium und abgeschlossener Doktorarbeit noch lange kein vollwertiges Mitglied der Scientific Community, sondern steht als Habilitand immer noch unter Aufsicht.

Natürlich gilt die These vom abnehmenden Grenznutzen nicht immer und überall. Ist beispielsweise gerade ein neues Messverfahren entwickelt worden, so kann es auf einmal sehr viel leichter sein, Dinge zu messen, die zuvor nur unter großen Mühen zugänglich waren. Im großen und ganzen gilt aber, dass die Entwicklung solcher neuen Verfahren mit der Zeit immer teurer und zeitaufwendiger wird.

Exzellenzverdünnung: *Die Zahl exzellenter Wissenschaftler wächst langsamer als die Gesamtzahl der Wissenschaftler.*

Nach einer beliebten Abschätzung wächst die Zahl der besonders produktiven Menschen in einer Gruppe proportional zur Quadratwurzel der Gruppenstärke.

4 Rescher, N., *Scientific Progress*. Oxford: Basil Blackwell 1978; dt., *Wissenschaftlicher Fortschritt*. Berlin: de Gruyter 1982.

5 Die These vom abnehmenden Grenznutzen besagt nicht, dass irgendwann alle Entdeckungen gemacht sind, sondern nur, dass das Verhältnis Aufwand: Nutzen immer ungünstiger wird. Weltraumexpeditionen sind nun mal teuflisch teuer!

Auf die Wissenschaft bezogen heißt das, platt formuliert: Wer 10 Genies haben will, der muss nur 100 Wissenschaftler beschäftigen, wer aber 1000 Genies haben will, der muss schon eine Million Wissenschaftler anstellen. Die Exzellenzdichte nimmt also dramatisch von 10% auf 0,1% ab. Trotzdem führt kein Weg an der Massierung der Manpower vorbei, will man mehr potentielle Genies für die Wissenschaft begeistern. Nur die Effizienz geht dabei in den Keller.

Relevanzverdünnung: *Die Menge wissenschaftliche Resultate hoher Relevanz wächst langsamer als der Gesamtoutput an Publikationen.*

Nicholas Rescher teilt die wissenschaftlichen Ergebnisse in verschiedene Qualitätsstufen ein. Nach seiner Einteilung sind *wichtige Ergebnisse* etwa mit der Quadratwurzel des kumulierten Gesamtoutputs gewachsen, *exzellente Ergebnisse* aber nur logarithmisch. Folglich nimmt der prozentuale Anteil wichtiger oder exzellenter Resultate am Gesamtoutput immer weiter ab, in den Bibliotheken wächst der Anteil von Unwichtigem gewaltig an. In der Vergangenheit ist der Gesamtoutput in guter Näherung exponentiell gewachsen (während der Ressourceneinsatz hyperbolisch gewachsen ist). Exzellente Resultate sollten also mit einer konstanten Rate produziert worden sein, was perfekt mit der jährlichen Verleihung wissenschaftlicher Preise korreliert. Dies ist bestimmt kein Zufall, denn während der Umfang der Wissenschaft in vieler Hinsicht explodiert ist, hat keine massenhafte Vermehrung der Preise stattgefunden!

Doch hat man nicht wirklich den Eindruck, seit vielleicht 20 Jahren gibt es immer häufiger Nobelpreise für Entdeckungen, die entweder schon lange zurückliegen oder an die sich bald keiner mehr erinnern wird?

3. *Konsequenzen des Steady State*

Es ist förmlich mit den Händen zu greifen, warum die Unzufriedenheit mit dem Forschungoutput unter Politikern, Managern und in der Öffentlichkeit wächst. Obwohl lange Zeit der Ressourceneinsatz für die Wissenschaft hyperbolisch gewachsen ist, erfolgte der qualitativ exzellente Output stets mit etwa der gleichen Rate. Die Effizienz ist also beim Aufblasen des Wissenschaftssystems massiv gesunken. Stagnieren die Forschungszuwendungen nun sogar, führt der abnehmende Grenznutzen zu einer raschen Abnahme an exzellenten Forschungsergebnissen. Der Routine-Output dagegen wächst möglicherweise sogar weiter, weil unter dem Eindruck wachsender Konkurrenz um knapper werdende Ressourcen die Attitüde *Publish or Perish* immer mehr um sich greift und minderwertige Publikationen die Bibliotheken verstopfen. Als Resultat nimmt die Effizienz des Wissenschaftssystems weiter ab. Es ist daher kein Wunder, dass die Frage: „Was

bekommen wir eigentlich für unsere Forschungsmilliarden?“ immer öfter gestellt wird.

3.1. *Exzellente Resultate werden sehr viel seltener*

Ähnlich wie beim Entdecken neuer Kontinente kann auch in der Naturwissenschaft dieselbe Sache nur einmal entdeckt werden. Zweitentdeckungen gelten nichts. Wenn die These vom überproportional wachsenden Forschungsaufwand stichhaltig ist, dann können alle heute naturwissenschaftlich unterentwickelten Länder die Hoffnung aufgeben, je zur Weltspitze zu stoßen. Während es den USA, Japan und der Sowjetunion in einer gewaltigen Aufholjagd gelingen konnte, die Europäer im 20. Jahrhundert einzuholen und gar zu überflügeln, dürfte dies für Newcomer in Zukunft nahezu aussichtslos sein.

Das Problem des abnehmenden Grenznutzens trifft aber nicht nur die wissenschaftlich unterentwickelten Länder, sondern auch die Reiter hoch zu Ross: Will man als Unternehmen oder Nation weiter im Rennen um international beachtete Forschungsergebnisse bleiben, führt kein Weg daran vorbei, die Mittel auf aussichtsreiche *Centers of Excellence* zu konzentrieren. Im Klartext: Ausgezeichnete Max-Planck-Institute werden gemäß der Parole „Wer hat, dem wird gegeben werden!“ ihre Ressourcenzuwendungen weiter erhöhen können, Einrichtungen unterhalb einer kritischen Masse dagegen werden den Anschluss an die Forschungsfront verlieren und ihre Forschungsunterstützung einbüßen. Zu diesen Verlierern werden die meisten Universitäten gehören, die zumindest in den am weitesten fortgeschrittenen naturwissenschaftlichen Fächern die Fähigkeit zu substantieller Forschung verlieren werden. Eine wachsende Trennung von Forschung und Lehre ist damit die unausweichliche Konsequenz, so sehr man auch darüber lamentieren mag. Es ist besser, dem Unvermeidlichen forschenden Blicks ins Auge zu sehen, als den Kopf in den Sand zu stecken und sich von der unaufhaltbaren Lawine überrollen zu lassen. Universitäre Forschung wird wohl gegenüber der Großforschung nur dann ihren Platz behaupten können, wenn sie auf weniger kostspielige Forschungsfelder wie Theoretische Physik oder noch sehr junge (und daher mit geringerem Mitteleinsatz erforschbare) Gebiete setzt, die sich insbesondere zwischen den betonierten und schon tief ausgeloteten Disziplinen aufbauen.

3.2. *Effizienz wird das Maß aller Dinge*

Die wohl direkteste und unübersehbarste Folge des *Steady States* ist der zunehmende Druck, die Effizienz des Wissenschaftssystems zu verbessern. Der Effizienzwahn ist nicht allein darauf zurückzuführen, dass Neoliberalismus gerade en

vogue ist, sondern er hat seine tiefere Ursache im unabwendbaren Endes des Wissenschaftswachstums.

Während der Input des Wissenschaftssystems noch einigermaßen klar umrissen ist - im Zweifelsfall interessiert ohnehin nur der monetäre Input in Form der Wissenschaftsausgaben - ist völlig unklar, was denn der Output des Wissenschaftssystems sei. Hierbei lassen sich im Grunde drei ideologische Denkschulen unterscheiden. Die eine reklamiert für die Wissenschaft axiomatische Relevanz: Wissenschaft sei wie die Kunst ein Selbstzweck, der allein durch Exzellenz erreichbar ist, die nur von den eigenen Fachkollegen beurteilt werden kann. Der Output besteht nach dieser Position allein in Beiträgen zum menschlichen Corpus des Wissens, mehr nicht. Die Position der technologischen Relevanz interessiert sich hingegen nur für die extrawissenschaftliche Verwertung dieses Corpus, sei es als direkte geldwerte Anwendung von wissenschaftlichen Ergebnissen für technologische Zwecke oder als Heranbildung wissenschaftlich ausgebildeten Humankapitals, dass für viele gesellschaftliche Aufgaben benötigt wird. Die dritte Position fordert von der Wissenschaft sozialen Nutzen, was auch immer von der Gesellschaft als relevant angesehen werden mag: Sei es ein Heilmittel gegen Krebs oder die Entschlüsselung der Menschheitsgeschichte.

Unabhängig davon, was nun als Output des Wissenschaftssystems angesehen wird, er muss gemessen werden, wenn man Effizienzvergleiche anstellen möchte. Das Zauberwort heißt "Evaluation": Anteil der Studierenden in der Regelstudienzeit, Umfang drittmittelfinanzierter Forschungsvorhaben, Ausmaß der Beschäftigung mit gesellschaftlich relevanten Problemstellungen, Zahl der Patentanmeldungen, Beurteilung durch *Peer Review* oder "Scoring" im *Science Citation Index*, gemessen als Zahl der veröffentlichten Artikel gewichtet mit der Zitierfrequenz der Zeitschriften. Ohne zusätzlichen Aufwand sind solche Evaluationen nicht durchzuführen. Die Wissenschaftsbürokratie wird ohne Zweifel wachsen, und der Anteil des *Peer Review* am Zeitbudget der Forscher weiter steigen. Nun ist es aber eine Binsenweisheit, dass die meisten Forscher weder eine adäquate Managementausbildung besitzen noch sich eigentlich dafür interessieren. Was läge da näher, als ein professionelles anstelle des professoralen Wissenschaftsmanagements einzuführen?

Hat man sich erst einmal darauf geeinigt, was als Input und Output anzusehen und wie er gemessen werden soll, kann die Implementierung von Effizienzinstrumenten beginnen. Großbritannien hat hier eine Vorreiterrolle eingenommen. Beim Festkörperphysiker John Ziman⁶, der sich auch mit *Science Policy Studies*

6 Ziman, J. M., *Prometheus Bound - Science in a Dynamic Steady State*. Cambridge: Cambridge University Press 1994.

beschäftigt, kann man nachlesen, was in Deutschland und vielen anderen Ländern erst diskutiert, in Großbritannien aber längst zum Alltagsgeschäft gehört: In Forschung und Lehre wurde dort eine knallharte Kosten- und Leistungsrechnung nach dem Vorbild von Wirtschaftsunternehmen eingeführt. Jede Fakultät muss regelmäßig ihre Kosten pro Absolvent und Publikation nachweisen und gegenüber den Geldgebern rechtfertigen. Die Institutionen der Forschungsförderung begreifen sich als Käufer von Forschungsarbeiten und feilschen entsprechend hart um jeden Ausgabenposten, beispielsweise Fahrtkosten für Kongressbesuche werden dabei nicht selten als unnötiger Luxus betrachtet. Die Aussicht auf ökonomische Verwertbarkeit der erhofften Forschungsergebnisse wird immer öfter zur *conditio sine qua non* der Mittelbewilligung.

Effizienzkriterien spielen heutzutage bei Allokationsentscheidungen nicht nur in Großbritannien eine zunehmend wichtigere Rolle. Geld und Personal sollen auf möglichst aussichtsreiche Forschungsvorhaben konzentriert werden. Nun ist Forschung aber auf das essentiell Unbekannte gerichtet, folglich ist *ex ante* bei der Allokationsentscheidung schwer abzuschätzen, wem und wo lohnenswerte Resultate gelingen werden. Daher wird sich bei solchen Entscheidungen oft nach den bisherigen Erfolgen des Antragstellers gerichtet, was zweifelsfrei zum Matthäus-Effekt führt: „Wer hat, dem wird gegeben werden.“ Sinken die Bewilligungsquoten der akademisch selbstgesteuerten Forschungsförderer wie der DFG weiter, dürften bald exotischere Anträge keine Chance mehr gegen die Zuteilungskartelle der etablierten Mainstreamforscher haben. Unorthodoxe Forschungsansätze von jungen, noch nicht arrivierten Nachwuchsforschern, die sich am Ende nicht selten als produktiver erwiesen haben, haben wohl bald nur noch Chancen, wenn sie nach einem Lotterie-Prinzip gefördert werden, wie in den Niederlanden schon installiert.

Neben den üblichen Bottom-Up-Ansatz der Forschungsförderung - also der Auswahl zwischen Anträgen der Forscher - treten verstärkt auch wieder Top-Down-Ansätze, die auf eine Gewichtung der verschiedenen Forschungsfelder untereinander abzielen. In vielen Ländern wird wieder mit Methoden der Forschungsprospektion experimentiert. Mit Delphi-Studien oder Backcasting-Analysen soll herausgefunden werden, in welchen Forschungsfeldern in nächster Zeit mit Durchbrüchen zu rechnen ist bzw. welche Fragen aufgrund eines zukünftigen Bedarfs jetzt unbedingt angegangen werden sollten.

Von den Effizienzforderungen wird aber auch die akademische Lehre nicht verschont bleiben. Der Wunsch ist keineswegs neu, die Erstausbildungsdauer für die 90% aller Absolventen, die keine akademische Laufbahn einschlagen wollen, zu verkürzen. Als Mittel der Wahl erscheint vielen derzeit die Übernahme des angelsächsischen Systems: Wer nicht in den rein akademischen Betrieb will, soll

nach 3 bis 4 Jahren die Hochschulen mit einem berufsqualifizierenden Abschluss verlassen, nur wenige Auserlesene sollen länger bleiben und nach höheren Graden streben dürfen. Keine Frage, dass die stärkere Professionalisierung der universitären Lehre mit ihrer Verschulung einhergehen wird. Die Verantwortung für eine adäquate Lehre liegt dann nicht mehr allein beim einzelnen Professor, sondern zunehmend bei der Fakultät.

Natürlich haben die Effizienzinstrumente nicht immer nur die Wirkung, die man beabsichtigt. Die Verwendung von Publikationsanalysen zur Qualitätsbewertung hat besonders im angelsächsischen Raum zur weitverbreiteten Haltung *Publish or Perish* geführt, jedes noch so unbedeutende Resultat zu veröffentlichen, mit der Folge eines wachsenden Anteils von wenig lesenswerten Routineveröffentlichungen. Die Kopplung der staatlichen Grundfinanzierung an eingeworbene Drittmittel führt zu einem Run auf die knappen Ressourcen, *Apply or Die* heißt die Parole. Im Kampf um die Zuteilung setzen sich oft nur noch gut durchgestylte Mainstream-Vorhaben durch, für wirklich innovative Vorhaben verschlechtern sich die Chancen. Es gibt klare Anzeichen, dass der Aufwand zur Effizienzmessung irgendwann kontraproduktiv wird, wenn die Topforscher vor lauter Review-Anfragen und Forschungsmittelanträgen zu nichts anderem mehr kommen und mittelmäßigen Forschern kein Team junger Zuarbeiter mehr bleibt, weil der potentielle Nachwuchs von den sinkenden Karrierechancen verschreckt wird.

3.3. Akademische Laufbahn verliert an Attraktivität

Eine bislang kaum beachtete Folge des *Steady States* könnte ungeahnte Auswirkungen haben: Bisher konnte jeder Professor im Laufe mehr als einen Nachfolger ausbilden, denn die Zahl der Professorenstellen wuchs hyperbolisch. Die Professorenschaft besitzt nun mal das exklusive Monopol des akademischen Graduierungsrechts, und hat folglich die Macht weidlich genutzt, den wissenschaftlichen Nachwuchs immer länger in die Abhängigkeit zu zwingen. Ohne die Pyramide aus Diplomanden, Doktoranden und Habilitanden, die „mit ihrer Fronarbeit den Ruf des Instituts erhalten“, wie es mein Diplomvater Prof. Dr. Gunther Freiherr von Minnigerode einmal ausdrückte, wäre der moderne akademische Forschungsbetrieb undenkbar.

Solange die finale Position als Professor attraktiv und erreichbar erschien, fand sich genügend talentierter Nachwuchs, der die Bürden des steinigen akademischen Weges auf sich nahm. In Zukunft wird aber jeder Professor im Laufe seiner 20 oder 30 Amtsjahre im Schnitt nur noch genau einen Nachfolger heranziehen können. Entsprechend wird die Attraktivität des Karrierepfades Diplom-Promoti-

on-Habilitation sinken, wenn am Ende immer öfter nicht der erhoffte Lehrstuhl, sondern alternativenlose Arbeitslosigkeit steht. Genügend unglückliche Beispiele hierfür dürfte jeder schon heute kennen. Die Tage der Habilitation sind wahrscheinlich gezählt und die der Heere akademischer Nachwuchssklaven ebenso.

Der schon erwähnte Matthäus-Effekt führt verstärkt dazu, dass Nachwuchswissenschaftler nur noch in wenigen *Centers of Excellence* hochkarätige Forschung treiben können, die ihnen eine Reputation verschafft, die sie letztlich für einen Lehrstuhl qualifiziert. Wer aus dem falschen Stall kommt, hat viel schlechtere Startchancen. Die Implementierung von Effizienz- und Wettbewerbselementen in der Ressourcenallokation könnte also dazu führen, dass talentierter Nachwuchs, der die falschen Startbedingungen gewählt hat, früher oder später dem Wissenschaftsbetrieb verloren geht.

Es sind aber nicht nur die sich verschlechternden Perspektiven des akademischen Karrierepfads, die begabte junge Menschen dazu bringen, der Naturwissenschaft den Rücken zu kehren. Nicht wenige sind entsetzt, welch großer Aufwand heute getrieben werden muss, um Ergebnisse hervorzubringen, die in Relation zu den großen Entdeckungen Anfang des 20. Jahrhunderts nicht der Rede wert sind. Nicht wenige Nachwuchstalente sehen ihren Platz daher außerhalb des akademischen Betriebs, wo sich Kreativität und Gestaltungswillen oftmals besser ausleben lassen. Ein nachsichtiger Physikprofessor äußerte einmal angesichts der schwindenden Begeisterung für sein Fach: „Die spannenderen Dinge passieren heute nicht im Labor, sondern in den Unternehmensberatungen. Ich kann es den jungen Menschen nicht verdenken, wenn sie der Physik den Rücken kehren und andernorts ihr Glück versuchen.“

3.4. *Großforschung stößt an ihre Grenzen*

In allen Naturwissenschaften ist seit 50 Jahren die Tendenz zu beobachten, dass der abnehmende Grenznutzen die Massierung des Ressourceneinsatzes in Großforschungseinrichtungen erzwingt, um in bestimmten Forschungsfeldern überhaupt noch voranzukommen. Am weitesten fortgeschritten ist diese Tendenz mit Sicherheit in der Teilchenphysik und der Astrophysik, aber mittlerweile ziehen auch die Biowissenschaften nach. Große Teilchenbeschleuniger wie das CERN kann schon lange kein Land mehr allein finanzieren. Die Folgen von *Big Science* sind vielfältig: Während früher wissenschaftliche Publikationen im Regelfall nur einen Autor hatten, sind es heute im Durchschnitt 3 bis 4, in den am weitesten „kollektivierten“ Zweigen der Naturwissenschaft nicht selten mehr als 100. Experimente wie in der Teilchenphysik, die einen extrem hohen Ressourceneinsatz erfordern, können oft nur an einem einzigen Gerät weltweit durchgeführt werden.

Eine unabhängige Überprüfung und Reproduktion der Resultate ist damit weitgehend unmöglich geworden.

Während es Forschungsvorhaben gibt, deren Realisierung sich zeitlich beliebig strecken lässt, sind bei anderen massive kollektive Anstrengungen notwendig. Entweder, man baut einen Beschleuniger binnen weniger Jahre und führt mit hunderten Wissenschaftlern die Experimente aus, oder man lässt es ganz. Das Erreichen des *Steady State* ist für solche Vorhaben tödlich: Wenn die nächste Stufe des Vorhabens einen Mitteleinsatz erfordert, der die verfügbare Ressourcengrenze überschreitet, wird die Forschungslinie eingestellt. Prominentestes Beispiel hierfür ist der *Superconducting Supercollider* in den USA, und man muss kein Prophet sein, um der bemannten interplanetaren Raumfahrt ein ähnliches Schicksal vorherzusagen, mag sich Jesco von Puttkammer - der NASA-Chefstrategie - noch so sehr für Marsexpeditionen ins Zeug legen.

3.5. *Wissensmanagement wird wichtiger*

Wissenschaft hat zwei Komponenten: Die Schaffung neuen Wissens und die Bewahrung alten Wissens. Ersteres wird gemeinhin als Forschung bezeichnet, letzteres mit der Weitergabe von Wissen an die nachfolgende Generation - der Lehre - identifiziert. Während in der Renaissance die Wiederentdeckung und Bewahrung alten Wissens im Vordergrund stand, hat in der neuzeitlichen (Natur-) Wissenschaft die Erforschung des Neuen ganz eindeutig das Primat. Das zeigt sich nicht nur an der Berufungspraxis in den Universitäten, wo nicht die Qualität in der Lehre, sondern das Forschungspotential eines Bewerbers entscheidend für einen Ruf ist.

Nun ist es in den letzten 300 Jahren in der Tat nicht so wichtig gewesen, auf die Bewahrung des schon Gewussten zu achten, denn aufgrund des raschen Wachstums war ohnehin der überwiegende Teil des naturwissenschaftlichen Wissens zeitgenössisch; die entsprechenden Entdecker lebten also meistens noch. Sowohl 1700 als auch 1800 oder 1900 war die Behauptung richtig, dass in den letzten 50 Jahren mehr publiziert worden ist als in der gesamten Zeit davor. Derek J. de Solla Price spricht deshalb davon, dass die Naturwissenschaft ganz eigentümlich „gegenwartskonzentriert“ gewesen sei. Während die meisten Menschen, die je gelebt haben, schon tot sind, galt bisher von Naturwissenschaftlern das Gegenteil: Die Allermeisten sind Zeitgenossen.

Mit dem Übergang in einen *Steady State* wird jedoch diese hohe „Gegenwartskonzentration“ der Naturwissenschaft der Vergangenheit angehören. Entsprechend wird die Bewahrung alten Wissens gegenüber der Erforschung neuen Wissens wieder an Bedeutung gewinnen. Das meiste Wissen wird zukünftig

nicht mehr zeitgenössisch, sondern historisch sein. Vor allem die exzellenten Ergebnisse werden zunehmend aus der Vergangenheit stammen, und auch der Anteil des aktuellen Routine-Output am Gesamtcorpus wird in Zukunft unweigerlich sinken. Diese Tendenz wird die verschiedenen Felder unterschiedlich treffen, die alten und lange etablierten zuerst, also insbesondere Physik und Chemie.

Es gibt aber noch mehr Gründe, die für eine wachsende Bedeutung eines Management des wissenschaftlichen Wissens sprechen. Wissensmanagement bedeutet ja nicht nur, bestehendes Wissen zu kollektivieren und zu bewahren, sondern auch, nach Bedarfskriterien zu entscheiden, welches Wissen neu zu erwerben ist und welches alte Wissen vergessen werden kann.

Je größer der Corpus des schon Gewussten ist, desto präziser lässt sich auch das benennen, was noch nicht bekannt ist. Mit dem Wissen wächst auch die Grenzfläche zum Nichtwissen. Auf diese Weise entsteht das absurde Gefühl, das wohl jeder Student kennt: Je mehr man lernt, desto mehr erkennt man, was man alles nicht weiß. Der Wissenschaft gehen also nie die Fragen aus.⁷ Mit dem Übergang zum *Steady State* verschärft sich aber das Problem, dass mehr bearbeitbare Fragen als Ressourcen verfügbar sind. Es entsteht der Zwang zur Priorisierung, also zur Entscheidung, welche Fragen vorrangig bearbeitet werden sollen und welche warten können. An dieser Stelle kommen wieder die drei schon erwähnten Ideologien ins Spiel, um Kriterien für die Priorisierung zu finden.

Die Doktrin der axiomatischen Relevanz von Wissenschaft geht davon aus, dass die natürliche Dynamik der Wissenschaft darin besteht, ihre Fragen selbst zu generieren. Nur erfahrene Wissenschaftler sind in der Lage, zu beurteilen, welche Fragen am besten als nächstes mit den verfügbaren Mitteln angegangen werden sollten. Es sollte also allein dem Urteil ausgewiesener Experten überlassen bleiben, welche der von Wissenschaftlern vorgeschlagenen Forschungsprojekte die höchste Aussicht auf wichtigen Erkenntnisgewinn bieten.

Während die Möglichkeit extrawissenschaftlicher Verwendung von Ergebnissen von der Position der axiomatischen Relevanz ausgeblendet wird, haben die Vertreter der technologischen Relevanz nur diese Nutzenanwendungen im Sinn. Denn nur ein recht kleiner Teil des wissenschaftlichen Unterfangens lässt keinerlei Nutzenanwendungen möglich erscheinen - Astronomie mag hier das Paradebeispiel sein. Aber man kann nie sicher sein, dass nicht später doch noch ein Anwendungsfeld entdeckt wird: Selbst die Zahlentheorie - lange Zeit Sinnbild eitler Geistesanstrengungen - hat unerwartet Anwendung in der Kryptographie gefunden. Der Wissenschaftsphilosoph Jürgen Mittelstraß⁸ argumentiert deshalb

7 Wie aber zuvor erläutert, nimmt die Relevanz der Fragen immer weiter ab und der Aufwand zu ihrer Bearbeitung steigt.

vehement dafür, die alte Dichotomie zwischen *reiner Grundlagenforschung* auf der einen Seite und *angewandter Forschung* auf der anderen durch eine realistischere Trias zu ersetzen: grundlagenorientierte und anwendungsorientierte Grundlagenforschung sowie produktorientierte Anwendungsforschung. Mit der Position der technologischen Relevanz geht oftmals das Bild einer linearen Technikgenese einher: Erst die Entdeckung in der Grundlagenforschung und dann die Transmission über die angewandte Forschung in die Produktentwicklung. Obwohl dieses Bild wohl nie eine angemessene Beschreibung der tatsächlichen Interdependenz zwischen Technologie und Wissenschaft gewesen ist, findet es noch immer viele Anhänger, die dann laut nach einer Ausrichtung auch der akademischen Forschung auf ökonomisch rasch verwertbare Vorhaben rufen. Gerade Anfang der 1990er Jahre, als die deutsche Industrie ihre FuE-Aufwendungen reduzierte, wurde dieser Wunsch besonders stark artikuliert. In Großbritannien ist er in Erfüllung gegangen, nicht unbedingt zum Vorteil der britischen Wissenschaft.

Nun ist es eine unbestreitbare Tatsache, dass die Anwendung wissenschaftlicher Resultate unsere heutige Lebenswelt prägt. Atombomben und Kernkraftwerke sind dafür die prominentesten Beispiele. Solche vorgängigen extrawissenschaftlichen Anwendungen wissenschaftlicher Resultate erzeugen ständig neue, komplexe Herausforderungen, die auf den Fehlern der Vergangenheit beruhen. Seit Jahrzehnten erklingen daher die Fanfaren der Wissenschaftskritiker, die der Wissenschaft Blindheit gegenüber ihren eigenen Wirkungsbedingungen vorwerfen.

Es wäre aber töricht, aus dem Umstand, dass Wissenschaft auch unerwünschte Nebenwirkungen zeigen kann, den pauschalen Schluss zu ziehen, Wissenschaft sei per se gefährlich. Denn oftmals ist es so, dass die dringend zu bewältigenden Herausforderungen ohne Wissenschaft gar nicht erkennbar sind: Ohne detaillierte meteorologische Beobachtungen wären die Gefahren durch das Ozonloch niemals rechtzeitig bekannt geworden. Hubert Markl drückte die Sachlage einmal so aus: „Wir können schlicht nicht von dem Tiger steigen, den wir gerade reiten!“

Es wird aber die Frage erlaubt sein, ob der Tiger richtig gezähmt ist, um uns nicht abzuwerfen. Sowohl die Position der axiomatischen als auch die der technologischen Relevanz von Wissenschaft greifen hier zu kurz: Im Zuge Verwissenschaftlichung der Gesellschaft sind Ergebnisse von Wissenschaft außerhalb ihrer selbst breit angewendet worden. Diese Anwendungen erzeugen ihrerseits extrawissenschaftlich Fragen und Probleme, die oft nur wissenschaftlich erkannt und bearbeitet werden können. Daher sind auch außerhalb der akademischen Wissenschaft Forschungskapazitäten aufgebaut worden. Nicht alle Akteure, die mit

Problemen konfrontiert sind und daher Fragen aufwerfen, verfügen jedoch über eigene Forschungskapazitäten bzw. können diese einkaufen. Ein zentrale Frage für das wissenschaftliche Wissensmanagement lautet daher:

Wie kann es gelingen, auf extrawissenschaftlich relevante Fragen, die aber nur wissenschaftlich zu bearbeiten sind, entsprechende Forschungsressourcen zu allozieren, ohne die zweifelsohne wichtige Forschungsfreiheit zu weit einzuschränken?

HORST KANT

Aus den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierte Wirtschaft - Hermann Helmholtz, Werner Siemens und andere¹

Im Jahre 1883 formulierte Werner Siemens (1816-1892) im Zusammenhang mit einer Denkschrift für die Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) eine nahezu paradigmatisch anmutende Feststellung: „Die naturwissenschaftliche Forschung bildet immer den sicheren Boden des technischen Fortschrittes, und die Industrie eines Landes wird niemals eine internationale, leitende Stellung erwerben und sich erhalten können, wenn dasselbe nicht gleichzeitig an der Spitze des naturwissenschaftlichen Fortschritts steht! Dieses herbeizuführen, ist das wirksamste Mittel zur Hebung der Industrie.“² Auch wenn unsere Gesellschaft heute zu Recht längst nicht mehr so wissenschaftsgläubig ist wie zur damaligen Zeit des industriellen Aufbruchs, so ist diese Aussage auch heute nicht weniger gültig und nicht zuletzt die Erfahrungen der Informationsindustrie der letzten Jahre in Deutschland haben gezeigt, in welche Schwierigkeiten man gerät, wenn dies missachtet wird. „Dies herbeizuführen“ wird in der Regel als eine der wichtigen Aufgaben des Staates betrachtet, der dafür nicht nur die notwendigen Rahmenbedingungen schaffen muss, sondern auch - sofern man sie nicht als Teil der Rahmenbedingungen betrachtet - die notwendigen (finanziellen) Mittel bereitstellen muss, doch sah Siemens dies durchaus nicht nur auf den Staat bezogen (bzw. auf Staat im weiteren Sinne). Nicht nur in der Kunst ist angesichts leerer Kassen des Staates in den letzten Jahren der Ruf nach Mäzenen und Sponsoren wieder lauter geworden, auch in der Wissenschaft versucht er sich zunehmend Gehör zu verschaffen. Verbreitet wird dieser Ruf allerdings als Eingeständnis der Unfähigkeit des Staates verstanden, seinen Aufgaben nachzukommen. So schrieb schon der Publizist Maximilian Harden (1861-1927) in einem satirisch-kritischen

1 Für Anregungen und kritische Hinweise in Vorbereitung des Vortrages danke ich Hubert Laitko. Für die Publikation wurde die Vortragsform beibehalten.

2 Siemens, W., Votum betreffend die Gründung eines Instituts für die experimentelle Förderung der exakten Naturforschung und der Präzisionstechnik. - In: Siemens, W., Wissenschaftliche und Technische Arbeiten Bd. 2. Berlin 1891, S. 568 - 575 (hier S. 569).

Artikel anlässlich der Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG): „Sind Forschungsinstitute nöthig, so hat der Staat sie zu gründen; hat er im Bereich des Wissenschaftsministeriums kaum eine wichtigere Aufgabe als die, solche Anstalten einzurichten. Kann ers nicht, so mag ihn der Teufel holen.“³ Und er fuhr fort: „... Schlimm genug, wenn deutsche Gelehrte damit zufrieden sind, daß die Forscherarbeit von Leuten geherbergt und genährt wird, die für ihr Geld Titel und Ehrentand annehmen [dies zielte auf die Vergabe von KWG-Senatorenposten für entsprechende Spenden - HK] [...] Wir wollen nicht, daß Privatleute gegen Entgelt leisten, was jeder nicht bankerote Staat leisten müßte. Wollen nicht, daß eine Gelehrtengruppe hinter einem Vorhang über die Mittel verfügt, die aller Wissenschaft zudedacht sind; die Gruppe mag aus den edelsten, vom engen Parteigeist freiesten Männern bestehen [...]“⁴ Und ein letzter Satz aus diesem Aufsatz von 1911: „Die Lober der neuen Institution [gemeint ist die KWG - HK] weisen uns das Vorbild der Vereinigten Staaten von Amerika. Vergessen nur, zu erwähnen, daß in Amerika andere Steuersitte gilt als bei uns und daß die Carnegie und Rockefeller für ihre Millionenspenden nicht von Staatsvertretern Lohn erhalten.“⁵

Dieses Zitat macht zumindest eines deutlich: für den Bereich der Wissenschaft wurde Mäzenatentum in der breiteren Öffentlichkeit als etwas Ungewöhnliches betrachtet und auch heute noch gilt es im allgemeinen Verständnis - jedenfalls in Deutschland - als etwas anrüchig. Die Hintergründe dafür sollen hier nicht weiter zur Debatte stehen, aber es ist doch bezeichnend, dass hierzulande, wenn von Mäzenatentum oder Sponsoring - auch die Differenzierungen zwischen diesen Begriffen sollen hier nicht näher untersucht werden - die Rede ist, zwar sofort an eine Verbindung zur Kultur - oder neuerdings auch zum Sport - gedacht wird, aber kaum zur Wissenschaft, obwohl auch die Wissenschaft heute kaum mehr ohne diesen Bereich der Förderung funktionsfähig ist und im 20. Jahrhundert sich - auch in Deutschland - einiges in dieser Hinsicht getan hat (wobei die Formen gewiss weiter sind, als man im ersten Moment denken mag).

Letztendlich ist Mäzenatentum eine Kompensationsleistung für die starke Einkommensungleichheit in der Gesellschaft, die das Gemeinwesen erwartet, weil es andererseits einem kleinen Teil seiner Mitglieder ermöglicht, entsprechendes Kapital anzuhäufen. Dabei wäre es unvernünftig, vom Mäzen „Selbstlosigkeit“ zu erwarten - auch wenn dieser Gedanke immer wieder ins Spiel gebracht wird, aber die mögliche Gegenleistung kann sehr unterschiedlich ausfallen, von materiellen Vergünstigungen wie Steuervorteilen bis zu symbolischen Gesten wie

3 Harden, M., Ornamente. - In: *Die Zukunft* vom 4. Februar 1911, S. 171 - 184, hier S. 181.

4 Ebenda S. 182.

5 Ebenda S. 183.

Ordensverleihungen. Doch wird oft übersehen, dass die symbolischen Gratifikationen nur dann greifen, wenn sie in der allgemeinen Öffentlichkeit einen entsprechenden Stellenwert haben. Bei der gegenwärtig verbreiteten Wissenschaftskepsis, wenn nicht gar -feindlichkeit, hat folglich beispielsweise der Titel eines Ehrensensors der Max-Planck-Gesellschaft weniger öffentliches Gewicht als etwa zu Gründungszeiten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Im Bereich der Wissenschaft hat man dabei häufig mit dem Widerspruch zu kämpfen, dass der Mäzen etwas nach *seinen* Vorstellungen in der Wissenschaft erreichen will, während der Wissenschaftler Mittel für Aufgaben einzuwerben sucht, die nach *seinen* Vorstellungen konzipiert sind. Im allgemeinen haben mäzenatische Leistungen dennoch einen mehr oder weniger großen Steuereffekt, auch wenn sie nur grobgezielt vergeben werden, weil ihre strukturverändernden Effekte zu Disproportionen innerhalb des Wissenschaftssystems führen können - manchmal zu erwünschten, oft aber auch zu unerwünschten.

Bereits in früheren Jahrhunderten war das Stiften keineswegs eine Seltenheit - und in nur scheinbarem Widerspruch zu der voranstehenden Aussage scheint die beträchtliche Zahl von Stiftungen zu stehen, die die Berliner Akademie der Wissenschaften im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts erhielt⁶. Hein schließt aus seinen Untersuchungen: „Stiftungen [...] waren im 19. Jahrhundert eine außerordentlich verbreitete Erscheinungsform sozialen und politischen Handelns. [...] Angestoßen und gefördert werden sollten sozialpolitische Aktivitäten verschiedenster Art wie auch künstlerische und wissenschaftliche Innovationen. [...] Mit anderen Worten: Das Stiften war auch und gerade im 19. Jahrhundert ein gemeinbürgerliches Phänomen.“⁷ Dennoch gibt es erstaunlicherweise noch immer relativ wenige Untersuchungen darüber, und für die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts noch weniger als für das 20. Jahrhundert; auch im Bereich der Kunst hat man sich intensiver erst in den 1990er Jahren mit dieser Problematik zu befassen begonnen.⁸

Hein betont: „Der im Zuge der Industrialisierung beschleunigte wirtschaftliche und soziale Strukturwandel seit der Mitte des 19. Jahrhunderts hat auch in

6 Vgl. Hartkopf, W. / Wangermann, G., Dokumente zur Geschichte der Berliner Akademie der Wissenschaften von 1700 bis 1990. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag 1991 (Teil III u. IV, S. 323ff).

7 Hein, D., Das Stiftungswesen als Instrument bürgerlichen Handelns im 19. Jahrhundert. - In: Stadt und Mäzenatentum. Hrsg. von B. Kirchgässner u. H.-P. Becht. Sigmaringen 1997. S. 75 - 92 (hier S. 76).

8 Vgl. auch Treue, W., Mäzenatische Leistungen für die Wissenschaften in Berlin. - In: Wissenschaften in Berlin. Bd. 2 - Gedanken. Hrsg. von T. Buddensieg / K. Düwell / K.-J. Sembach. Berlin: Gebr. Mann Verlag 1987. S. 106 - 110.

der Entwicklung des Stiftungswesens nachhaltige Spuren hinterlassen.⁹ Und er führt weiter aus: „Im Vormärz waren Zuwendungen an Stiftungen in einer anderen Stadt als der, in der man als Bürger angesessen war, außerordentlich selten gewesen. Für die großen Unternehmerpersönlichkeiten des ausgehenden 19. Jahrhunderts war es dagegen völlig selbstverständlich, die hauptstädtischen Museen und Bibliotheken mit großzügigen Sach- und Geldspenden zu bedenken oder nationale wissenschaftliche Vereinigungen und Projekte zu finanzieren.“¹⁰ - In der Regel werden aus den Anfängen in Deutschland als herausragende Beispiele für den Wissenschaftsbereich die Gründung der Leipziger (und weiterer) Handelshochschule(n) (1896), der Frankfurter Stiftungsuniversität (1914) und die Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (1911) genannt, aber das lag eigentlich alles bereits am Anfang des 20. Jahrhunderts.¹¹ In diesem Beitrag aber wollen wir uns auf das Ende des 19. Jahrhunderts begrenzen - eine bewusst gewählte Beschneidung, die durchaus nicht leicht fällt, da auf manches schöne Beispiel verzichtet werden muss.

Für die weitere Diskussion beschränken wir uns zugleich auf ein Verständnis von Mäzenatentum (oder Stiftungswesen), wie es Kocka grob umrissen formuliert hat als „[...] die Bereitstellung privater Mittel für öffentliche Zwecke in solchen Bereichen [...], die auch von staatlichen Stellen finanziert und gestaltet werden. Mäzenatische Handlungen lassen sich dann als Ausdruck einer (bürgerlichen) Kultur deuten, die größtes Gewicht auf Selbständigkeit legt, im Sinn der Lösung drängender Aufgaben in eigener Regie, ohne obrigkeitstaatliche Gängelung und Fürsorge.“¹² Wie Gaegtens jedoch feststellt, erscheint es als eine scheinbar unlösbare Aufgabe, den Antrieb für Mäzenatentum näher zu bestimmen, denn er ist in einer breiten Palette zwischen sozialgeschichtlichen Umständen und individualpsychologischen Aspekten zu suchen, und häufig fehlen entsprechende Quellen.¹³ Dabei hält er fest: „Die großen Mäzene des Deutschen Kaiserreiches haben bedeutende Teile ihres Vermögens - ob die bedeutenderen,

9 Hein, D., a.a.O. S. 85.

10 Ebenda S. 90f.

11 Vgl. z.B. Hein, D., a.a.O. - auch Kraus, E., Jüdisches Mäzenatentum im Kaiserreich: Befunde - Motive - Hypothesen. - In: Bürgerkultur und Mäzenatentum im 19. Jahrhundert. Hrsg. von J. Kocka / M. Frey, Berlin 1998, S. 38 - 53 (hier S. 44f).

12 Kocka, J., Bürger als Mäzene. - In: Mäzenatisches Handeln. Studien zur Kultur des Bürgersinns in der Gesellschaft. Hrsg. v. Th. W. Gaegtens / M. Schieder, Berlin 1998. S. 10 - 38 (hier S. 34).

13 Gaegtens, Th. W., Die großen Anreger und Vermittler - Ihr prägender Einfluß auf Kunstsinn, Kunstkritik und Kunstförderung. - In: Mäzenatentum in Berlin - Bürgersinn und kulturelle Kompetenz unter sich verändernden Bedingungen. Hrsg. v. G. u. W. Braun, Berlin-New York 1993. S. 99 - 126 (hier S. 99).

mag dahingestellt bleiben - sozialen, karitativen, pädagogischen, wissenschaftlichen und religiösen Einrichtungen übereignet. Zentraler Beweggrund für Mäzenatentum war offenkundig nicht die Förderung der Kunst [auf die sich der Artikel schwerpunktmäßig bezieht - H.K.], sondern aller Lebensbereiche, in denen Not und Mangel erkennbar war.¹⁴ Zu einem ganz erheblichen Teil erwachse Mäzenatentum aus Defiziten einer Epoche. „[...] Ein Mäzen stiftet ein Museum, weil es noch keine dem zu fördernden Gegenstand entsprechende öffentliche Sammlung gibt [und analog gilt das wohl auch für die Wissenschaft - H.K.]. [...] Oder Mäzene treten an die Stelle des Staates, wenn dieser - aus welchen Gründen auch immer - seiner Aufgabe nicht voll entsprechen kann.“¹⁵ Und abschließend hierzu sei noch folgende Feststellung von Gaetgens mit auf den Weg genommen: „Mäzenatentum entsteht in sozialen und geistigen Konfliktfeldern, selten in einer Epoche und Umgebung, die von Sätturiertheit geprägt ist.“¹⁶ Für das deutsche Bürgertum sollte man dabei nach Frey auch berücksichtigen, dass „[...] nach der gescheiterten politischen Revolution verstärkt die Idee der Kulturnation durch ihre Integrationskraft zur politischen und sozialen Einheit Deutschlands beitragen“ sollte, und damit das öffentliche Engagement einzelner Privatleute ein größeres Gewicht gewann.¹⁷

Sehen wir hier einmal davon ab, dass Universitäten und Akademien in der Regel vom Landesherrn - weltlich oder kirchlich - gegründet resp. gestiftet wurden, so stellte ein Stifter Gelder für wissenschaftliche Zwecke meist dergestalt zur Verfügung, dass er diese an Universitäten, Akademien oder andere Einrichtungen für ganz bestimmte Zwecke gab, die an diesen Institutionen realisiert werden sollten; oft waren damit auch Preisvergaben verbunden. Die Strukturen in den deutschen Ländern und dem Deutschen Reich waren dabei allerdings derart, dass der Staat für die finanzielle Sicherstellung der Wissenschaft allein aufkam, die Stiftungen lieferten nur ergänzende Mittel und wurden auch deshalb von der Öffentlichkeit meist nicht so wahrgenommen. Griewank betonte bereits 1927: „Stärker als in anderen Ländern hat stets in Deutschland die staatliche Förderung der Wissenschaften den Vorrang vor der Förderung durch private Zuwendungen und Stiftungen gehabt.“¹⁸ Und dabei sei zu beachten: „Wie die gesamte Reichspolitik, wurde auch die Kulturpolitik nicht durch eigentlichen Föderalismus, sondern

14 Ebenda S. 100.

15 Ebenda S. 101.

16 Ebenda S. 103.

17 Frey, M., Die Moral des Schenkens. Zum Bedeutungswandel des Begriffs 'Mäzen' in der bürgerlichen Gesellschaft. - In: Mäzenatisches Handeln. Studien zur Kultur des Bürgersinns in der Gesellschaft. Hrsg. v. Th.W. Gaetgens / M. Schieder; Berlin 1998, S. 11 - 29 (hier S. 19).

18 Griewank, K., Staat und Wissenschaft im Deutschen Reich. Freiburg i.Br. 1927. S. 7.

durch einen unter föderalistischen Formen wirksamen preußisch-hegemonischen Unitarismus bestimmt.“¹⁹ - Ganz analog formuliert Feldman 1990: „The dominant role played by the state in research and education in Germany acted as a natural disincentive to large-scale private support for what was viewed as a public function. For what, after all, did businessmen pay taxes?“²⁰ Die Situation änderte sich jedoch, als die neuartigen Erfordernissen anzupassende institutionelle Grundstruktur der Wissenschaft nur noch mit Hilfe mäzenatischer Zuwendungen zu sichern war. Die Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt war ein Vorzeichen für diese Entwicklung.

Im Ausland verwies man Ende des 19. Jahrhunderts gern auf die angeblich großzügige staatliche Förderung in Deutschland, die geradezu Modellcharakter habe,²¹ was eine ebenso einseitige Sicht darstellte wie umgekehrt in Deutschland der Verweis auf die USA und ihr Sponsoring-System.

Bisherige Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass die verschiedenen Formen privater Wissenschaftsförderung weder im nationalen noch im internationalen Vergleich - aus den verschiedensten Gründen - einem einheitlichen Muster folgen und Verallgemeinerungen deshalb schwierig sind. Wir wollen darum auch im Folgenden lediglich einige Beispiele anführen, die unterschiedlich gelagert sind, aber unter dem Gesichtspunkt zusammengefasst werden können - und nur dieser Aspekt spielt für diesen Beitrag eine Rolle -, dass das Ziel eine Förderung *der* Wissenschaft ist, die dem jeweiligen Industriezweig zugrunde liegt, aus dem der Stifter kommt. Zentrales Fallbeispiel unserer Betrachtung ist die Rolle von Siemens und Helmholtz bei der Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR).

Zunächst einige knappe Bemerkungen zur Vorgeschichte, die allerdings nicht weiter vertieft werden, sondern nur den Kontext verständlich machen sollen.²² Faktisch wurde Wissenschaft im 19. Jahrhundert noch fast ausschließlich an Hochschulen und Universitäten betrieben, doch die Anforderungen, die infolge der industriellen Entwicklung an sie herangetragen wurden, nahmen mehr und mehr zu. Zwar begann sich ab Mitte des 19. Jahrhunderts in bescheidenen An-

19 Ebenda S. 29.

20 Feldman, G.D., *The Private Support of Science in Germany, 1900 - 1933*. - In: *Formen außerstaatlicher Wissenschaftsförderung im 19. und 20. Jahrhundert - Deutschland im europäischen Vergleich*. Hrsg. v. R. v. Bruch / R.A. Müller. Stuttgart: Franz Steiner Verlag 1990. S. 87 - 111 (hier S. 87).

21 Vgl. z.B. Alter, P., *Industrielles Mäzenatentum in England 1870 - 1914*. - In: *Formen außerstaatlicher Wissenschaftsförderung im 19. und 20. Jahrhundert - Deutschland im europäischen Vergleich*. Hrsg. v. R. v. Bruch / R. A. Müller. Stuttgart: Franz Steiner Verlag 1990. S. 241 - 258.

fängen auch bereits eine Industrieforschung zu entwickeln, vor allem auf physikalischem und chemischem Gebiet, doch ergaben sich zahlreiche wissenschaftlich-technische Aufgabenstellungen von einem gewissen Grundlagencharakter, für die in beiden Bereichen aus verschiedensten Gründen keine ausreichenden Möglichkeiten und Voraussetzungen für eine effektive und erfolgreiche Bearbeitung gegeben waren.

In Berlin hatte sich nach 1810 eine anerkannte Präzisionsmechanik entwickelt. Mit den neuen Anforderungen der industriellen Revolution und der Wissenschaftsentwicklung konnte sie jedoch nicht ausreichend Schritt halten, und das führte schließlich 1872 zu einer Denkschrift des an der Kriegs- und Artillerieschule tätigen Mathematikers Karl-Heinrich Schellbach (1804-1892) mit der Forderung nach staatlicher Unterstützung der Präzisionsmechanik u.a. durch die Gründung eines speziellen Instituts für Präzisionsmechanik. Zwar wurde dieser Vorschlag abgelehnt, doch war das Problem verschiedenen Leuten ins Bewusstsein gerückt worden.

Der Direktor der Berliner Sternwarte, Wilhelm Foerster (1832-1921), zugleich Direktor der Normal-Eichungskommission, wiederholte einen entsprechenden Vorschlag 1873, doch trotz Unterstützung durch das preußische Kultusministerium war das Finanzministerium nicht bereit, die bescheidenen notwendigen Mittel zur Verfügung zu stellen, obwohl eine Kommission des preußischen Generalstabes (der übrigens auch Siemens angehörte - nicht als Unternehmer, sondern als Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften) das Projekt empfahl²³ - unterschiedliche Auffassungen der Parteien im Abgeordnetenhaus über das Verhältnis von Wissenschaft, Wirtschaft und Staat ließen keinen Beschluss über die Finanzierung zustandekommen. Auch die Gründung der TH Berlin in Charlottenburg, die 1879 zustande kam, verhinderte zunächst weitere diesbezügliche Planungen. Erst zu Beginn der achtziger Jahre wurden dann neue

- 22 Siehe dazu u.a.: Buchheim, G., Die Gründungsgeschichte der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von 1872 bis 1887. *Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften*, TU Dresden H. 3/1981, H. 4/1982; Lemmerich, J., Maß und Messen. Ausstellung aus Anlaß der Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt am 28. März 1887. (Katalog). Braunschweig und Berlin 1987; Kant, H. / Hoffmann, D., Messen in Berlin - Vor 100 Jahren in Berlin gegründet: Physikalisch-Technische Reichsanstalt. - In: *Wissenschaft und Fortschritt* (Berlin), 37(1987)12, S. 312 - 315; *Forschen-Messen-Prüfen: 100 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt / Bundesanstalt 1887 - 1987*. Hrsg. v. J. Bortfeldt / W. Hauser / H. Rechenberg. Weinheim 1987; Cahan, D., *Meister der Messung. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt im Deutschen Kaiserreich*. Weinheim etc. 1992.
- 23 Vgl. Hoffmann, D., Werner Siemens und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. - In: *Werner Siemens - Studien zu Leben und Werk*. (= PTB-Texte Bd. 2) Hrsg. v. D. Hoffmann / W. Schreier, Braunschweig 1995, S. 35 - 45.

Vorstöße unternommen. Diesmal kam die Initiative von der Industrie und wurde maßgeblich von Werner Siemens unterstützt, der die junge aufstrebende Elektroindustrie vertrat.

Die Elektroindustrie war ein Industriezweig, der überhaupt erst im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts entstand und von vornherein auf neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen aufbaute, ja dessen Entwicklung ohne Wissenschaft überhaupt nicht möglich war. Zu den dringenden Erfordernissen auf diesem Gebiet gehörte die Schaffung genauer elektrischer Maße, deren Darstellung bisher wissenschaftlich wenig begründet, kaum reproduzierbar und relativ ungenau war. Nach dem internationalen Elektrotechnischen Kongress 1881 in Paris berichtete Hermann Helmholtz (1821-1894), damals Ordinarius und Direktor des neugegründeten Physikalischen Instituts der Berliner Universität, dass sich die Elektrotechnik „[...] allmählich so weit entwickelt [hat], dass sie jetzt ungeheure Kapitalien in Anspruch nimmt und eine ausserordentlich rege Industrie repräsentirt. Unter diesen Umständen kann es nicht fehlen, dass Streitfragen, welche dieselbe betreffen, vor die Gerichte kommen und sich die Nothwendigkeit fühlbar macht, streitige Fragen gesetzlich zu ordnen, namentlich Maasseinheiten festzustellen, auf welche man bei solchen Entscheidungen zurückgehen kann.“²⁴ - Neben Helmholtz hatten an diesem Kongress u.a. Emil du Bois-Reymond (1818-1896), Rudolf Clausius (1822-1888), Foerster, Gustav Kirchhoff (1824-1887) und Siemens teilgenommen.

In einer im Herbst 1882 vorgelegten Denkschrift, betreffend „die Begründung eines Instituts für die experimentelle Förderung der exakten Naturforschung und der Präzisions-Technik (Physikalisch-mechanisches Institut)“ - nun wesentlich von Siemens und Helmholtz verfasst -, die im Juni 1883 dem preußischen Kultusminister Gustav von Gossler (1838-1902) zugeleitet wurde, ist nun nicht mehr so sehr von den handwerklichen Problemen der Feinmechanik die Rede als vielmehr von einer staatlichen Institution für reine und angewandte experimentelle Forschung unter dem Gesichtspunkt industrieller Verwertbarkeit.

Um die Angelegenheit der Regierung schmackhaft zu machen, bot Siemens ein Grundstück aus seinem Besitz als Geschenk für das wissenschaftliche Institut an.²⁵ Helmholtz berichtete darüber seiner Frau Anna: „Gestern Abend war ich bei Siemens. Er zeigte mir das Terrain, welches er für das Projekt der Reichsanstalt abgeben will - ein Hektar [...]. Werner Siemens sagte, er habe ursprünglich eine Summe

24 Helmholtz, H.: Ueber die elektrischen Maasseinheiten nach den Berathungen des elektrischen Congresses, versammelt zu Paris 1881 (Vortrag gehalten im Elektrotechnischen Verein zu Berlin 1881). - In: Helmholtz, H. v., Vorträge und Reden. Bd. 2, Braunschweig 1896 (4. Aufl.), S. 295 - 309 (hier S. 295).

zu gleichem Zwecke testamentarisch der Akademie vermacht. Er glaube aber nun, die Sache besser fördern zu können, wenn er den Staat bewege, dieselbe dauernd zu unterstützen. Er ist in dieser Beziehung sehr großartig und ich glaube, dass diese Schenkung sehr stark für die angeregten Pläne ins Gewicht fallen wird.“²⁶

Siemens selbst bemerkte in einem diesbezüglichen Brief an den preußischen Kultusminister von Gossler am 7. Juli 1883: „Ew. Excellenz wollen nicht verkennen, daß das ausschließliche Motiv meines Anerbietens der Wunsch ist, nach meinen Kräften zur Erreichung eines Zieles beizutragen, welchem ich eine hohe Bedeutung beilege. Vielleicht erscheint die Lebhaftigkeit meines Wunsches um so erklärlicher bei einem Mann, dessen Erfolge wesentlich auf der selbstgeschaffenen Gelegenheit beruhen, die Ergebnisse eigener experimenteller Forschungen zugleich wissenschaftlich und technisch zu verwerthen.“²⁷

Dass Siemens' Unterstützung des PTR-Projektes auch durch materielle Mittel durchaus nicht uneigennützig war, wird aus Äußerungen in anderen Zusammenhängen deutlich. So schrieb er 1880 seinem Bruder Carl (1829-1906) in London mit Bezug auf den insbesondere infolge seines Engagements gerade gegründeten Elektrotechnischen Verein: „Durch den elektrotechnischen Verein habe ich ein großes Machtmittel in die Hand bekommen, mit dem sich jetzt viel machen und durchsetzen läßt. Wir müssen das Eisen aber schmieden.“²⁸ In diesen Zusam-

- 25 Siemens vermerkte in seinen Lebenserinnerungen: „Ich hatte bereits in meinem Testamente eine ansehnliche Geldsumme dafür bestimmt, zur Förderung der naturwissenschaftlichen Forschung verwendet zu werden, doch wäre bis zu meinem vielleicht noch ziemlich fernen Tode kostbare Zeit verlorengegangen, und namentlich wäre dann die günstige Gelegenheit versäumt, durch Verbindung des geplanten, für die wissenschaftliche Forschung bestimmten Institutes mit dem im Prinzip schon festgestellten wissenschaftlich-technischen ein großes und dem Zeitbedürfnis entsprechendes Unternehmen ins Leben zu rufen. Deshalb entschloß ich mich, meinen Tod nicht abzuwarten, sondern der Reichsregierung das Anerbieten zu machen, ihr ein großes, für den Zweck völlig geeignetes Grundstück oder den entsprechenden Kapitalbetrag für ein der naturwissenschaftlichen Forschung gewidmetes Reichsinstitut zur Verfügung zu stellen, wenn das Reich die Baukosten tragen und die künftige Unterhaltung des Institutes übernehmen wollte. [...]“ [Siemens, W., Lebenserinnerungen. München: Prestel - Verlag 1966 (17. Aufl.), S. 308]
- 26 Hermann Helmholtz an Anna Helmholtz am 17. Juni 1883. Zit. nach Rechenberg, H., Hermann von Helmholtz - Bilder seines Lebens und Wirkens. Weinheim etc. 1994, S. 253.
- 27 Zit. nach: Cahlan, D., a.a.O. S. 91.
- 28 Werner Siemens an Karl Siemens am 21.2.1880, zit. nach: Werner Siemens - Ein kurzgefaßtes Lebensbild nebst einer Auswahl seiner Briefe. Hrsg. v. Conrad Matschoß, Berlin 1916, Bd. 2, S. 655. - Bezüglich Siemens' Rolle im Elektrotechnischen Verein vgl. u. a. Kant, H., Werner Siemens und sein Wirken im Berliner Elektrotechnischen Verein sowie in der Preußischen Akademie der Wissenschaften. - In: Werner Siemens - Studien zu Leben und Werk. (= PTB-Texte Bd. 2) Hrsg. v. D. Hoffmann / W. Schreier, Braunschweig 1995, S. 117-134.

menhängen gilt das Wort vom „gesunden Egoismus“, das Siemens mehrfach gebrauchte, so beispielsweise auch im Zusammenhang mit der bereits 1872 gegründeten Pensionskasse in seinem Betrieb, wozu er bemerkte: „Es ist nicht allein Humanität, sondern wesentlich gesunder Egoismus, welcher uns zur Bildung der Kasse bewogen hat.“²⁹ Das Wort „gesund“ ist hier sehr bewusst gesetzt - Lösung sozialer Probleme im Interesse beider Seiten, die partnerschaftlich miteinander umgehen müssen, und ähnlich sah er die Beziehungen Wissenschaft-Technik bzw. Wissenschaft-Industrie oder auch Wissenschaft-Staat.

Im Januar 1884 erweiterte Siemens sein Angebot sogar noch. Aus dem Erbe seines gerade verstorbenen Bruders William (1823-1883) sollte sein Erbteil zur Verfügung gestellt werden, um auch das Gebäude für die wissenschaftliche Arbeit zu finanzieren.³⁰

Kultusminister Gossler stand zu diesem Projekt durchaus positiv, doch das preußische Finanzministerium verweigerte wiederum die Mittel - trotz des Siemensschen Angebotes, Bauland zur Verfügung zu stellen und Baukosten vorzuschießen.

Da wandte sich Siemens nun an den Reichsinnenminister Karl Heinrich von Boetticher (1833-1907), der das Projekt unterstützte, schon um auch auf diesem Gebiet Reichskompetenz zu gewinnen. Siemens schrieb ihm u.a.: „Fast ohne Ausnahme sind es neue naturwissenschaftliche Entdeckungen [...], welche [...] wichtige Industriezweige neu erschaffen oder neu beleben. Ob die Aufdeckung einer neuen naturwissenschaftlichen Tatsache technisch verwertbar ist, ergibt sich in der Regel erst nach ihrer vollständigen systematischen Bearbeitung [...] Darum darf der wissenschaftliche Fortschritt nicht von materiellen Interessen abhängig gemacht werden. [...] Ich bemerke schließlich, daß ich mit dem Angebote eines Beitrages von $\frac{1}{2}$ Million Mark in Grundwerth oder Kapital zur Begründung des geplanten Instituts nur den Zweck im Auge habe, meinem Vaterlande einen Dienst zu leisten und meine Liebe zur Wissenschaft, der ich mein Emporkommen im Leben ausschließlich verdanke, zu bethätigen.“³¹

Die Situation Mitte 1884 beschrieb Siemens anschaulich in einem Brief an den damaligen Bürgermeister von Köln (wo er einen Vortrag halten wollte): „Ich bin bestrebt, ein Reichsinstitut zustande zu bringen, wo nicht unterrichtet, sondern ausschließlich naturwissenschaftlich gearbeitet werden soll. Ich will dafür persönlich ansehnliche Opfer bringen. Bismarck hält aber vorläufig Wissenschaft

29 Werner Siemens an v. Stülpnagel am 19.11.1875; zit. nach: Werner Siemens - Ein kurzgefaßtes Lebensbild ..., a.a.O. Bd. 2, S. 482.

30 Ebenda S. 253.

31 W. Siemens an v. Boetticher am 20.3.1884. Zit. nach: Cahan, D., a.a.O. S. 93.

noch für eine Art Sport ohne praktische Bedeutung, und diese Ansicht ist noch ziemlich verbreitet. Ich beabsichtige also durch den Vortrag eine wirksame publizistische Propaganda für die Erkenntnis der hohen sozialen Bedeutung der naturwissenschaftlichen Forschung einzuleiten.“³²

Es ist interessant, dass in den weiteren Debatten der Techniker Siemens stärker die rein wissenschaftliche Seite des Projektes betonte, während der Wissenschaftler und Wissenschaftsorganisator Helmholtz in richtiger Einschätzung der gesellschaftlichen Erfordernisse die technischen und wissenschaftlichen Aspekte in ihrer Einheit sah.

Doch die Debatten in Bundesrat und Reichstag zogen sich noch weiter hin und letztlich gab dann für die positive Entscheidung ein nationalistischer Aspekt den Ausschlag, nämlich Frankreich in entsprechenden Bestrebungen zuvorzukommen und selbst eine Einrichtung zu schaffen, die sich zu einem internationalen Zentrum profilieren konnte - der im Umgang mit Politikern erfahrene Foerster hatte in einer Broschüre über „Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt“ die Abgeordneten geschickt darauf aufmerksam gemacht; auch Siemens hatte zuvor bereits auf diese Linie eingeschwenkt, beispielsweise in seinem oben zitierten Brief an Boetticher. So wurden endlich am 28. März 1887 die Mittel für den Bau der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Reichstag bewilligt. Im Juni 1887 nahm Helmholtz die Berufung zum Präsidenten der PTR an und im Oktober 1887 begann ohne großes Zeremoniell die Arbeit zunächst in von der Technischen Hochschule zur Verfügung gestellten Räumen in den zwei Abteilungen, die in kommenden Jahrzehnten die Grundstruktur der PTR auf der Grundlage des Helmholtzschen Konzeptes bildeten: einer wissenschaftlichen für physikalische Grundlagenforschung und einer technischen für Präzisionsmess- und Prüftechnik. 1891 war mit dem sogenannten Observatorium das erste Gebäude auf dem von Siemens zur Verfügung gestellten Gelände an der Marchstraße in Charlottenburg bezugsfertig und die physikalische Abteilung nahm dort die Arbeit auf. - Diese nun errichtete Reichsanstalt unterschied sich in ihren Zielen gewaltig von den anfänglichen Plänen der 1870er Jahre. Sie stellte einen qualitativ neuen Institutionentyp für den Wissenschaftsbetrieb dar, der bald auch im Ausland für mehrere Jahrzehnte zum Vorbild avancierte.

Der Erfolg der PTR veranlasste um die Jahrhundertwende auch die chemische Industrie, eine Chemische Reichsanstalt gründen zu wollen - diese Bestrebungen wurden dann zu einer der Aktivitäten, die 1912 zur Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft führen sollten und sei deshalb nicht weiter betrachtet.³³ Be-

32 Zit. nach: Lemmerich, J., Maß und Messen. a.a.O. S.37. - Ebenda S. 38 befindet sich eine Kopie der Schenkungsurkunde von W. Siemens für das PTR-Gelände (datiert 12.11.1885).

merkwürdig ist jedoch - und wirft ein Licht auf den zuvor diskutierten Aspekt, dass Kapital dort einspringt, wo der Staat finanziell nicht in der Lage ist -, dass wenige Jahre zuvor die chemische Industrie über ihren 1877 gegründeten „Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands“ noch so starken Druck auf Kultus- und Finanzministerium ausüben konnte, dass der 1892 an die Berliner Universität berufene Emil Fischer (1852-1919) gegen starke fiskalische Widerstände doch seinen Institutsneubau vom Staat bezahlt bekam.³⁴

Gehen wir noch kurz auf ein weiteres Fallbeispiel ein, dass zugleich die Vielfältigkeit der Formen im Mäzenatentum deutlich macht. In Jena entschloss sich 1887 Ernst Abbe (1840-1905), technischer Physiker und Teilhaber in der Firma „Carl Zeiss. Optische Werkstätte“, seine Kapitalanteile in eine Carl-Zeiss-Stiftung einzubringen.³⁵ Zur Begründung seines Anliegens nannte Abbe insbesondere zwei Wege, „[...] auf welchen dem Gemeinwohl zu dienen ein Mann meiner Denkungsart sich versucht fühlen möchte [...]“, nämlich zum Wohle derer zu wirken, die an der Gewinnung des Kapitals beteiligt sind, also der Arbeiter und Angestellten (ein Aspekt, dem sich auf andere Weise auch Siemens verpflichtet fühlte) und „[...] Förderung der Wissenschaften, auf deren Boden die Betreffenden Unternehmungen erwachsen sind und denen ich zugleich mein Emporkommen zu verdanken habe.“³⁶ Die Zeiss-Werke wie auch die Schottschen Glaswerke hätten „[...] Jena zu einem der Hauptsitze der sogenannten „wissenschaftlichen“, d.h. für die Bedürfnisse der Wissenschaften arbeitenden Industrie gemacht.“³⁷ Und Abbe vertrat die Ansicht, dass Erhalt, Fortbildung und dauernde Sicherung dessen, was damit in Jena geschaffen wurde, eine „Sache von öffentlichem Interesse“ sei.³⁸

Wittig betont in seiner Abhandlung über die Carl-Zeiss-Stiftung,³⁹ dass Abbe aus dem Gewinn, den er als Unternehmer erzielte, nur einen Teil als Lohn für seine Tätigkeit beanspruchte; den darüber hinausgehenden Teil betrachtete er als „öffentliches Gut“, das zu gemeinnützigen Zwecken zu verwenden sei. Bereits in

33 Vgl. dazu u.a. Johnson, J. A., *The Kaiser's Chemists. Science and Modernization in Imperial Germany*. The University of North Carolina Press 1990.

34 Vgl. dazu: *Wissenschaft in Berlin*. Hrsg. v. H. Laitko. Berlin 1987, S. 246f.

35 Die Carl-Zeiss-Stiftung wurde 1889 gegründet.

36 *Denkschrift vom 4. Dezember 1887*. In: Ernst Abbe: *Werden und Wesen der Carl-Zeiss-Stiftung an der Hand von Briefen und Dokumenten aus der Gründungszeit (1886-1896)* dargestellt von Friedrich Schomerus. Jena 1940. Reprint Hildesheim/Zürich/New York 1989 (= Ernst Abbe: *Gesammelte Abhandlungen Bd.V*), S. 35 - 78, hier S. 40.

37 Ebenda S. 41.

38 Ebenda.

39 Wittig, J., *Carl-Zeiss-Stiftung, Universität und Stadt Jena (1890-1920)*. - In: *Carl Zeiss und Ernst Abbe - Leben, Wirken und Bedeutung*. Hrsg. von Rüdiger Stolz / Joachim Wittig. Jena: Universitätsverlag Jena 1993, S. 61 - 97.

seiner Denkschrift von 1887 hatte Abbe darauf hingewiesen, dass die Jenaer Universität die eigentliche Nährmutter sei, ohne die die genannten Unternehmen nicht bestünden,⁴⁰ und so hatte er bereits im Mai 1886 einen „Ministerialfonds für wissenschaftliche Zwecke“ gegründet, um Lehre und Forschung auf mathematisch-physikalischem Gebiet an der Universität Jena zu unterstützen. Im Jahre 1900 bewirkte Abbe ein „Ergänzungsstatut zum Statut der Carl-Zeiss-Stiftung“, das den Universitätsfonds der Stiftung betraf und die Verwendung der Mittel dergestalt regelte, dass sie genutzt werden, um „[...] die wissenschaftliche Forschung oder die Lehrwirksamkeit in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen, sowie in anderen Lehrfächern, die - wie Volkswirtschaftslehre, Handels- und Gewerberecht, Hygiene, technologische Disziplinen u.a. - nähere Beziehung auf die Interessen der Carl-Zeiss-Stiftung haben, ohne Rücksicht auf Fakultätsgrenzen, unmittelbar oder mittelbar zu fördern.“⁴¹

Die Einsicht, nur den Teil des erzielten Gewinns zu behalten, der für die Gestaltung des eigenen Lebens *notwendig* sei, leitete auch einen anderen Industriellen zu seiner berühmten Stiftung, den Chemiker Alfred Nobel (1833-1896). Nobel hielt „große ererbte Vermögen für ein Unglück“,⁴² und wer ein großes Vermögen besitze, sollte seinen Verwandten nur so viel vererben, wie für Leben und Erziehung nötig sei. Seine gestifteten Preise - auf Details sei hier nicht eingegangen - sollten solchen Personen zuerkannt werden, „[...] die im verflossenen Jahr der Menschheit den größten Nutzen geleistet haben.“⁴³ Von den fünf vorgesehenen Preiskategorien hatten drei einen naturwissenschaftlichen Hintergrund: Physik, Chemie sowie Medizin und Physiologie. Mit Physik und Chemie waren Gebiete gewählt, die die wissenschaftlichen Grundlagen seiner Erfindungen und seiner darauf aufbauenden Sprengstoffindustrie bildeten. Die Hintergründe für die anderen drei lassen sich folgendermaßen umreißen: In der Literatur sah Nobel eine wichtige Quelle für die Verwirklichung seiner Idee von der humanistischen Bildung der Menschheit, die Medizin sollte diese Menschheit erhalten helfen, und Frieden war schlechtmal die Voraussetzung für die weitere Existenz der Menschheit - wobei die Idee des Friedenspreises überhaupt der Ausgangspunkt für Nobels Preisverleihungs-Überlegungen war, angeregt durch die Friedensbemühungen Bertha von Suttners (1843-1914). Und gedacht waren diese Preise ursprünglich weniger als persönliche Auszeichnung - übrigens im Gegen-

40 Denkschrift vom 4. Dezember 1887. a.a.O. S. 40.

41 zit. nach: Wittig, J., a.a.O. S. 68.

42 Vgl. Kant, H., Alfred Nobel. Leipzig 1983, S. 97 - Vgl. auch: Kant, H., „... der Menschheit den größten Nutzen geleistet - 100 Jahre Nobelpreis, eine kritische Würdigung aus historischer Perspektive. Physikalische Blätter. 57(2001)11, S. 75 - 79.

43 Zit. aus Alfred Nobels Testament von 1895 nach Kant, H. (1983), a.a.O. S. 99.

satz zu vielen anderen Preisstiftungen von vornherein zur weltweiten Vergabe vorgesehen - sondern vielmehr zur Förderung der weiteren Forschungen dieser Personen, also ganz im Sinne des hier behandelten Themas.

Lassen Sie mich kurz resümieren. Die angeführten Beispiele für mäzenatische Wissenschaftsförderung im 19. Jahrhundert stammen alle aus einem engen Bereich: der wissenschaftsbasierten Industrie. Und die genannten Mäzene hatten alle ein sehr enges Verhältnis zur Wissenschaft, ja waren selbst - mehr oder weniger - als Wissenschaftler anerkannt, so dass sie mit ihren Zuwendungen nicht vordergründig Unternehmensinteressen durchzusetzen beabsichtigten. Bei genauerer Betrachtung wird zugleich deutlich, dass die hier beteiligten Personen weitsichtig genug waren, ökonomischen Nutzen langfristig zu betrachten und deshalb eine von konkreter Zweckbindung freie Forschung förderten, weil nur sie wirklich innovative Leistungen hervorbringt - wie die späteren Erfolge der PTR und in anderer Weise der Zeiss-Werke anschaulich belegen.

WOLFGANG BIEDERMANN

Zur Finanzierung der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Mitte der 20er bis zur Mitte der 40er Jahre des 20. Jahrhunderts

Diese Studie soll einen Beitrag zur Geschichte der Wissenschaftsfinanzierung außeruniversitärer Forschungseinrichtungen am Beispiel der Kaiser-Wilhelm-Institute¹ für Chemie sowie physikalische Chemie und Elektrochemie leisten. Bereits vorliegende Arbeiten, wie die von P.-Ch. Witt, behandelten Fragen der Finanzierung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft ohne jedoch die Institute zu berücksichtigen. Andere Autoren, wie J. Harwood oder B. Weiss untersuchten vorangehend Finanzierungsquellen für bestimmte Forschungsvorhaben an den Kaiser-Wilhelm-Instituten. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt existieren noch keine genaueren Untersuchungen zur Förderung einzelner Wissenschaftseinrichtungen der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft.²

Die Rekonstruktion der Wissenschaftsförderung an den oben erwähnten Institutionen basiert auf den Quellen der Generalverwaltung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft des Archivs zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft. Für diese beiden Einrichtungen liegen zahlreiche aussagefähige Quellen über einen längeren Zeitraum vor: Bilanzen in unterschiedlichen Formen und Bezeichnungen, Berichte zum Jahresabschluss (Geschäftsjahr) und die dazugehörigen Einnahmen- und Ausgabenrechnungen einschließlich der Vermögensübersichten.

Zunächst ist es die allgemeine Absicht, die Forschungssituation unter dem Gesichtspunkt ihrer finanziellen Einnahmen (Ausgaben) zu rekonstruieren. Der Begriff der Einnahmen bedarf einer weiteren Differenzierung. Dieser beschreibt nur den entsprechenden bilanzierten Geldfluss, jedoch nicht die Gesamtfinanzierung des Instituts. Der im Text verwendete Ausdruck Gesamtfinanzierung bezeichnet demnach die bilanzierten Einnahmen zuzüglich jener zur Verfügung gestellten Geldmittel, die außerhalb der Institutsabrechnungen nachweisbar wa-

1 Im weiteren mit KWI bezeichnet.

2 Im weiteren mit KWG abgekürzt.

ren.³ Dies betraf im größeren Rahmen, und nach bisheriger Kenntnis der Dinge, vor allem das öffentlich finanzierte Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie. In einem weiteren Schritt werden die Ausgaben, semantisch interpretiert als Sach- und Personalkosten, genauer bestimmt. Der zu verfolgende Sinn besteht in der Berechnung des Verhältnisses⁴ von Sach- zum Personaletat. Hieraus erfolgt ein Quotient, der für diesen historischen Zeitabschnitt als komparative Größe mit ähnlich gelagerten außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Ausland dienen soll.⁵ Der Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie, F. Haber, formulierte in diesem Zusammenhang am 14. Juni 1929 in einem Schreiben an die Generalverwaltung der KWG:

„Die Deutschen Hochschul institute sind aber auch nicht die Vergleichsstelle. Diese ist durch die amerikanischen und die russischen Forschungsinstitute gegeben. Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft erwartet von den großen Dahlemer Instituten fachlich eine führende Stellung, die in der ganzen Welt anerkannt wird und im Wettbewerbe mit den großen Instituten in den Vereinigten Staaten und in Russland aufrechterhalten werden muß. Diese amerikanischen und russischen Institute sind mit Etats ausgerüstet, die auf die gleiche Kopfzahl der beschäftigten Gelehrten umgerechnet, das Vielfache des beantragten Etats von 1930/31 ausmachen.“⁶

Entsprechend dieser Diktion ist der zu ermittelnde Quotient ein Indikator für den sachkostenintensiven Forschungsbetrieb. Demzufolge soll diese Analyse auch zeigen, ob in dem untersuchten Zeitraum Veränderungen im Verhältnis Sach- zum Personaletat eingetreten waren.

Obschon für das KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie bilanzierte Zahlungsströme ab dem Jahr 1919, im Gegensatz zum KWI für Chemie vorliegen, hatte sich der Verfasser entschlossen, erst ab Mitte der 1920er Jahre mit der Rekonstruktion der Wissenschaftsfinanzierung zu beginnen. Ein wesentlicher Gesichtspunkt hierfür war die Möglichkeit einer lückenlosen Darstellung der jährlichen Etats an beiden Instituten.

- 3 So wurden die Zuwendungen der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ab dem Rechnungsjahr 1930 generell nicht mehr bilanziert. Das KWI für Chemie erhielt in jenem Jahr beispielsweise einen Zuschuss von 500 RM für bauliche Zwecke.
- 4 Es ergibt sich notwendigerweise eine Unschärfe hinsichtlich des Verwendungszweckes der nichtbilanzierten Geldsummen. Der größte Teil dürfte jedoch für Personalkosten verwendet worden sein.
- 5 Parthey, H., Quantitative Methoden bei der historischen Analyse von Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Instituten. - In: Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Hrsg. B. vom Brocke / H. Laitko. Berlin - New York: de Gruyter 1996. S. 508.
- 6 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1 A Nr. 1180, Bl. 120.

Methodisches Vorgehen

Der Sach- und der Personaletat bedurfte zunächst einer einheitlichen Bestimmung. Sie ergab sich primär aus den unterschiedlichen Darstellungsweisen der bilanzierten Zahlungsströme an den Instituten. Der Rechnungsabschluss und/oder die Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) beispielsweise waren in Kontenform mit einem feinerem oder gröberem Raster versehen. Vom KWI für Chemie wiederum liegen teilweise auch formlose Bilanzen vor, die Bestandteile des Berichtes gegenüber dem Verwaltungsrat des Instituts waren. Bis zum Zeitpunkt der Einführung des verbindlich gewordenen Bilanzierungsschemas mit der Bezeichnung Einnahmen- und Ausgabenrechnung im April 1930, zunächst konzipiert für die öffentlich finanzierten Institute, war nicht immer die exakte Zuordnung einzelner Kostenstellen⁷ oder Titel zum Sach- oder Personaletat zu verzeichnen. Demnach galt es, die neue und übersichtlich gehaltene Bilanzierungsvorschrift auf die davor liegenden Jahre anzuwenden.

Hieraus ergab sich teilweise ein etwas umfangreicherer Rechenaufwand. Nunmehr war in der weiteren Abfolge der Sachetat exakter zu bestimmen. Dieser hatte nur noch jene (laufenden) Kosten, die der Aufrechterhaltung des unmittelbaren Forschungsbetriebes dienten und demnach auch realiter zur durchgehenden Verfügung standen zum Inhalt. Hinzu kamen alle erfolgten Investitionen in das Anlagevermögen. Ausgenommen von dieser Angelegenheit wurden jedoch die Auslagen für die großen Neubauten an den Instituten. Dieser Sachetat wird demnach als *verkürzter Sachetat* bezeichnet. Hierin waren nunmehr nicht enthalten: die Abschreibungen, die Rückstellungen und/oder die Bildung von Rücklagen für spätere Investitionen, zu zahlende Zinsen für Darlehen, verschiedene Geldanlagen, Kursverlust auf Wertpapiere sowie die Umsatzsteuer. Zu den Abschreibungen ist nachzutragen, dass der Abschreibungsaufwand von konjunktur- sowie steuerpolitischen Regelungen im Inland abhängig war und ist. Zum anderen unterlag der Abschreibungsaufwand jährlich starken Schwankungen, insbesondere beim Titel wissenschaftliches Inventar.⁸ Demnach dürften die Abschreibungen

7 Vor allem die Titel Versicherungen (Personal- und Sachversicherungen) und Reisekosten. Hier verbargen sich grundsätzlich die Bemühungen, das Rechnungswesen analog dem gewerblichen Bereich zu vereinheitlichen. In den 1920ern verwiesen die Arbeiten der VDMA (Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten) u. a., jedoch ebenfalls wissenschaftliche Beiträge wie der „Kontenrahmen“ von E. Schmalenbach (1927) auf jene Bestrebungen. Ab 1933 wurde diese Vereinheitlichung im Interesse der straff organisierten Wirtschaftslenkung durch die National-Sozialisten weiter vorangetrieben und gefördert.

8 Hingegen beim Titel B 8a (Bibliothek) der Abschreibungsaufwand in der Regel konstant 5 - 6 v. H. betragen hatte.

international kaum vergleichbar sein. Für die Rücklagen oder Fonds, die späteren Sachinvestitionen dienten, galt das Verfahren, dass die entsprechenden Beiträge zu den bilanzierten Sachkosten hinzugefügt wurden, wenn Zugänge aus diesen Fonds zu verzeichnen waren. Sie waren in diesem Sinne lediglich zeitlich verschobene Sachausgaben.

Hingegen ist der Personaletat keinen Einschränkungen unterworfen worden. Neben den Gehältern und Löhnen gehören hierzu die Personalversicherungen, eventuelle Zulagen oder Sonderabgaben. Die Besonderheit des neuen Bilanzierungsschemas bestand im allgemeinen einschließlich dem Jahr 1932 darin, dass diese bei den Sachkosten nur die laufenden Mittel des Instituts bilanzierte. Die Zugänge (Investitionen) zum Anlagevermögen, die abschreibungspflichtigen Sachwerte wie Gebäude, (wissenschaftliches) Inventar und Bibliothek wurden gesondert in einer Vermögensübersicht festgehalten. Dies hatte zur Folge, dass die in den Bilanzen ausgewiesenen Sachkosten als zu niedrig ausgewiesen worden sind. Alle Geldsummen liegen den damaligen laufenden Preisen in Reichsmark zugrunde. Zu den Beträgen in der Recheneinheit Reichsmark ein kurze Ergänzung: Zwei Beispiele sollen verdeutlichen, dass nominell eine Reichsmark in den 1930er Jahren die Äquivalente (Güter, Dienstleistungen) anders repräsentierte als nominell eine Deutsche Mark gegenwärtig: Die Fahrt Erster Klasse mit der Reichsbahn über die Entfernung von 100 km kostete 8,70 RM oder: 63 v. H. der Einkommensbezieher verfügten über ein Gehalt/Lohn von bis zu 1.200 RM jährlich.

Anmerkung zum sozialökonomischen und gesellschaftspolitischen Hintergrund

Als die Weltwirtschaftskrise (1929 – 1933) auch Deutschland erfasste, verdüsterte sich die finanzielle Lage der Weimarer Republik sehr rasch. Der Beginn der schweren Depression im Jahre 1930 markierte zugleich einen Bruch in der Bereitstellung finanzieller Mittel. Die Einnahmen (Ausgaben) sowohl der öffentlich als auch der privat finanzierten Institute der KWG sanken stark. Im Jahr 1932/33 wurde der finanzielle Tiefpunkt erreicht. Ab Mitte der 1930er Jahre war ein allmählicher Anstieg der Ausgaben (Einnahmen) zu verzeichnen, wobei dennoch die Institute zu strikten Sparmaßnahmen angehalten worden waren.

Mit der Errichtung des NS-Regimes begann ein Zeitabschnitt, der als Primat der Politik gegenüber Wirtschaft und auch Wissenschaft zu beschreiben wäre. Insofern der Primat, indem die Wirtschaft und die Wissenschaft der Verwirklichung expansiver außenpolitischer Zielstellung (Volk ohne Raum) mittels Aufrüstung und Krieg, als deren integrale Bestandteile, untergeordnet wurden. Das Jahr 1933 stellt aber auch in anderer Hinsicht eine Zäsur dar. Ökonomisch deu-

tete sich die Wiederbelebung der Weltwirtschaft an. Die deutsche Wirtschaft gelangte im Vergleich zu anderen westlichen Staaten bereits im Jahr 1936 zur Vollbeschäftigung (lediglich 1,6 Millionen Arbeitslose). Eine in diesen Jahren bis dahin präzedenzlose aktive staatliche Konjunkturpolitik, Kreditausweitung und deficit spending⁹ führten zu einer überraschend schnellen Wirtschaftsbelebung, von der wiederum die Forschungseinrichtungen finanziell profitieren konnten.

Private und öffentliche Wissenschaftsförderung

Die Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V. erfolgte unter dem Gesichtspunkt von privater und öffentlicher Wissenschaftsfinanzierung. „Eine Kooperation des Staates und privater, kapitalkräftiger und für die Wissenschaft interessierter Bürger ist ins Auge zu fassen. Denn in ihr allein ist die Zukunft der wissenschaftlichen Forschung nach der materiellen Seite hin sicher verbürgt.“¹⁰ Das ursprüngliche Ideal seitens des Wissenschaftsorganisations A. von Harnack bestand darin, dass die private und die öffentliche Hand zu gleichen Teilen finanzieren sollte: Gab die private Hand eine Million Mark, sollte der Staat den gleichen Anteil hinzufügen. In dieser Verbindung verwandte A. von Harnack den Begriff der Kooperation zwischen Staat und Wirtschaft, der jedoch seitens des Fiskus anders interpretiert worden war. Diesen Gegebenheiten Rechnung tragend und der anfangs erwähnten Intention folgend, formulierte nunmehr A. von Harnack zu diesem Thema am 20. November 1911 an den Kaiser, „...daß die zu stiftende Gesellschaft ihren Aufgaben in dreifach verschiedener Weise werde entsprechen müssen: (1) durch solche Forschungsinstitute, die sie wesentlich *allein* begründet, (2) durch solche Forschungsinstitute, die sie in Gemeinsamkeit mit anderen, sei es mit großen wissenschaftlichen Privatgesellschaften, *sei es mit dem Staate*, stiftet *und* unterhält, (3) durch die Unterstützung bedeutender Forscher, damit sie gegebenenfalls ihre ganze Zeit auf Monate oder länger einer großen Aufgabe widmen können.“¹¹ Beide Institute sind in die Kategorie (2) einzuordnen. Das Institut für physikalische Chemie erblickte als private (L. Koppel) und öffentliche Stiftung (Preußischer Staat) das Licht der Welt und bezeichnete im Harnackschen Sinne die Zusammenarbeit privater und öf-

9 Eine Methode der Vorfinanzierung seitens des Staates. Das entstandene Defizit im Staatshaushalt wurde durch spätere Steuereinnahmen kompensiert. In der Tat stiegen die Abgaben an und ab den 01. September 1937 wurde als neue Steuer die Wehrsteuer erhoben.

10 Zitat in: 50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente. Hrsg. von der Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V., Göttingen 1961, S. 56.

11 Ebenda, S. 143.

fentlicher Geldgeber. Im Ordinarium waren vorerst per anno 50.000 M vorgesehen, wovon 15.000 M Gehalt für den Institutsdirektor reserviert waren. Das Institut erhielt jährlich bis 1922 (Geschäftsjahr)¹² von der Koppel-Stiftung und vom Staat jeweils einen Zuschuss von 35.000 M für die laufenden Betriebskosten. Ab dem Geschäftsjahr 1923 wurde jedoch der Koppel-Zuschuss nicht mehr bilanziert.¹³ Hingegen trat dann als wichtigster Geldgeber die *Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft z. F. d. Wissenschaften*, so der Titel, in Erscheinung. Verborgenermaßen durfte sich dahinter jedoch das Reich und der Staat Preußen, wie dann auch in den Bilanzen ab 1933 expressis verbis ausgewiesen. Ab 1923 bleibt zu konstatieren, dass sich die finanzielle Kooperation an diesem Institut zugunsten der öffentlichen Hand (Staat) entwickelt hatte. Oder anders formuliert, die private Hand war nur noch mit einem Anteil von rund 10 v. H im rekonstruierten Zeitraum beteiligt.

Die Übernahme eines großen Teils der Betriebskosten, hier laufende Sachkosten und Gehalt für den Institutsleiter durch den Staat, hatte anfänglich einen weiteren positiven Nebeneffekt: „Durch die Bewilligung eines laufenden Staatszuschusses für das Chemisch-Physikalische Institut ist auch das Chemische Institut von der Fürsorge für dieses Forschungsgebiet entlastet worden.“¹⁴ Ursprünglich wurden physikalische Chemie und Elektrochemie als Abteilungen („Glieder“) des Chemischen Instituts konzipiert. Der Verein Chemische Reichsanstalt, gegründet 1908, der als Träger des Chemischen Instituts agierte, war einer der Nutznießer. Zu einem Drittel der Betriebskosten oder der laufenden Ausgaben enthoben, konnten diese Einsparungen dem Institut für Chemie anderweitig zugute kommen. Obwohl eine reine private Stiftung, der Verein Chemische Reichsanstalt (Vorsitz E. Fischer) hatte für das Stiftungsvermögen der KWG einmalig eine Million Mark aufgebracht und für die nächsten Jahre laufende Beiträge in Höhe von 60.000 M zugesichert, ist es ebenfalls in die Kategorie (2) einzuordnen. Wenigstens ab dem Jahr 1924 war ein Zuschuss seitens des Staates oder aus dem Privatvermögen der KWG nachweisbar. Das Institut blieb eine rein private Stiftung. Grundsätzlich finanziert wurde es nach dem Ersten Weltkrieg durch die Emil-Fischer-Gesellschaft zu Förderung der chemischen Forschung e. V. (1919).¹⁵

12 Im Rechnungswesen der KWG begann das Geschäftsjahr jeweils zum 01. April und endete am 31. März des darauffolgenden Jahres.

13 Siehe hierzu im Abschnitt Gesamtfinanzierung KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie und auch Passage Kapitalanlage/Haber-Fonds.

14 50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, a.a.O., S. 153.

Die Gesamtfinanzierung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie

Zur Struktur des Instituts: Das KWI für Chemie bestand zeitweilig aus drei Abteilungen¹⁶, die jeweils über einen eigenen, das heißt separaten Sachetat verfügten:

- Abteilung A. Stock¹⁷ (anorganische Chemie, bis 1926)
- Abteilung O. Hahn / L. Meitner (Radiochemie/Radiophysik), ab 1939 Abt. Laboratorien
- Abteilung K. Hess (Zelluloseforschung, bis 1930)¹⁸

Der Abteilungssachetat von O. Hahn / L. Meitner wurde einschließlich dem Jahr 1927 mit 8.000 RM und in den Jahren 1928 - 1938 mit 11.000 RM (jeweils 5.500 RM) angegeben.¹⁹ Dieser bezog sich nicht auf die sogenannten Generalunkosten, auch bezeichnet als allgemeiner Sachetat, wie Wasser, Elektroenergie, Gas, Heizung, Verwaltungskosten und dergleichen mehr. Der Abteilungssachetat beinhaltete vergleichsweise die Anschaffung von Chemikalien und Apparaturen, aber auch die Kosten der Instandhaltung des wissenschaftlichen Inventars. Die Forschungsgebiete der Abteilung O. Hahn / L. Meitner, an diesem Ort mit den damals gebräuchlichen Begriffen Radiochemie und Radiophysik beschrieben, verweisen auf eine Besonderheit des Instituts. Der Vorsitzende des Kuratoriums des KWI für Chemie, C. Duisberg, betonte diese Eigentümlichkeit auf der Kuratoriumssitzung 1926 ausdrücklich: „... dass im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie nur reine Forschungsarbeit geleistet werden soll unabhängig von der Aussicht auf technisch verwertbare Ergebnisse.“²⁰ Die „reine“ Forschungsarbeit (Grundlagen-

15 C. Duisberg (Bayer, Leverkusen) war zu diesem Zeitpunkt der Vorsitzende und wohl auch der Schöpfer dieser Gesellschaft. Am 30. Dezember 1921 wurde zwischen der Emil-Fischer-Gesellschaft (A. von Weinberg) und der Generalverwaltung der KWG (A. von Harnack) ein Vertrag zur Errichtung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie unterzeichnet.

16 H. Kant, Max-Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, hatte in seinem Vortrag „Vom KWI für Chemie zum KWI für Radioaktivität: Die Abteilung(en) Hahn/Meitner am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie“, in: Dahlemer Archivgespräche, Bd. 8 (im Druck) diesen Übergang ab 1925/1926 konstatiert. Das Institut wurde dann ab 1931 nur noch durch diese Abteilung(en) repräsentiert.

17 A. Stock wurde zum Ordinarius und Direktor des chemischen Instituts der TH Karlsruhe berufen (ab 01. Oktober 1926 figurierte O. Hahn zunächst ad interim als Institutsdirektor). Die Emil-Fischer-Gesellschaft förderte, entsprechend ihrer Satzung, weiterhin die Forschung von A. Stock in den Jahren 1927 und 1928 mit jeweils 10.000 RM.

18 K. Hess und seine Mitarbeiter schieden zum 31. Dezember 1930 aus dem Personaletat des Instituts aus. Das Institut hatte für das Jahr 1931 nur noch die Sozialversicherungsbeiträge dieser Abteilung zu tragen. Die Personalkosten und den Abteilungssachetat von K. Hess übernahm die I. G. Farbenindustrie AG nunmehr direkt. Diese „Gastabteilung“ war mindestens bis einschließlich 1942 am Institut tätig und zehrte vom allgemeinen Sachetat.

19 Im Jahr 1912 betrug der Sach- und Personaletat jeweils ganze 1.000 M.

forschung) war ja bereits das Anliegen der Förderer der geplanten „Chemischen Reichsanstalt“, vor allem aus den Kreisen der Anilinproduktion. C. Duisberg, Vertreter der I. G. Farbenindustrie AG (im weiteren I. G. Farben) war, wie zuvor erwähnt, zugleich Mitglied der Emil-Fischer-Gesellschaft zur Förderung der chemischen Forschung e.V. Diese Gesellschaft figurierte als finanzielle Schnittstelle oder als Verteiler zwischen den privaten Geldgebern und den zu fördernden Forschungseinrichtungen. Abgesehen von der I. G. Farben, waren folgende namhafte Unternehmen der Chemiebranche Vereinsmitglieder: die Rütgerswerke AG, die Duisburger Kupferhütte, die Schering AG und die Deutschen Solvay-Werke. Neben dem KWI für Chemie sollten das KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie sowie entsprechende Hochschulen finanziell durch die Beiträge der Vereinsmitglieder gefördert werden. Der absolut größte Anteil der Mitgliedsbeiträge dürfte jedoch durch die I. G. Farben aufgebracht worden sein. In der Konsequenz bedeutete dies entsprechend dem Stimmrecht laut Vereinssatzung (§ 7)²¹, dass die Vertreter der I. G. Farben in der Hauptversammlung die Majorität besaßen und hiernach über die Verwendung der Beiträge bestimmten. Des Weiteren sprechen die personellen Besetzungen in den Leitungsgremien für diese Annahme. Der Vorsitz des Vorstandes der Emil-Fischer-Gesellschaft wurde jeweils durch einen Repräsentanten der I. G. Farben gestellt. Weitere Mitglieder der Emil-Fischer-Gesellschaft, die diesem Konzern zuzuordnen und in Beziehung zum KWI für Chemie standen, waren die Herren C. Bosch, F. Oppenheim²² und A. von Weinberg.²³ Letzterer figurierte bis Mitte der 1930er als Vorstandsvorsitzender der Emil-Fischer-Gesellschaft.²⁴ A. von Weinberg trat die Nachfolge von F. Oppenheim an und war somit gleichzeitig zum Mitglied des Verwaltungsausschusses an diesem Institut avanciert. Als Vorsitzender des Kuratoriums des KWI für Chemie beeinflusste C. Duisberg maßgeblich die Höhe des zu bewilligenden Jahresrats, der vornehmlich aus den Mitgliedsbeiträgen der Emil-Fischer-Gesellschaft bereitgestellt worden war. Die Beitragshöhe der Mitglieder betrug laut Vereinssatzung im Vierteljahr 30 Goldpfennig pro Angestellten oder Arbeiter einer Firma

20 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1152, Bl. 10. Bericht über die Sitzung des Verwaltungsausschusses und Verwaltungsrates.

21 Jedes Mitglied hatte zunächst eine Stimme. Hinzu traten Zusatzstimmen für einen voll bezahlten Mindestbeitrag. Für einen zehnfachen Mindestbetrag beispielsweise gab es bereits drei Zusatzstimmen.

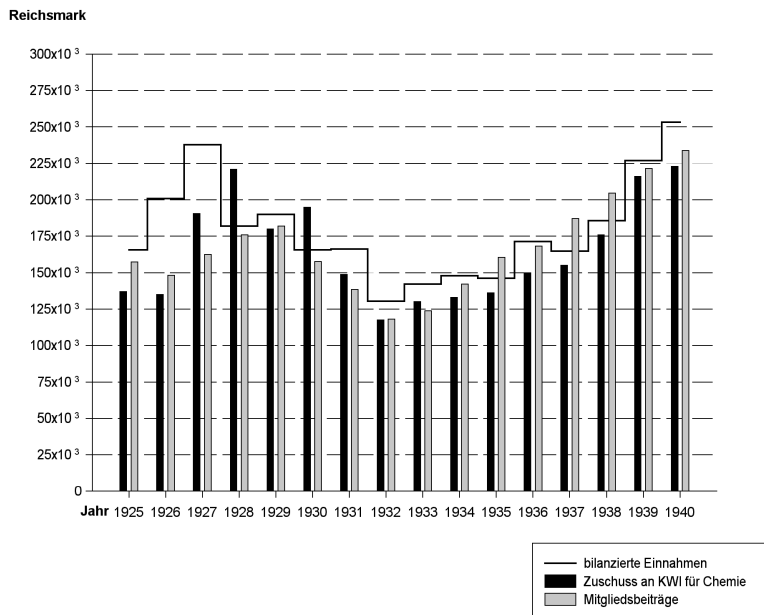
22 Unterzeichnete als Direktor der Act. Gesellschaft für Anilinfabrikation, Berlin, die Gründungsurkunde der KWG. Übte in der Emil-Fischer-Gesellschaft und am KWI für Chemie bis 1929 die Funktion des Schatzmeisters aus.

23 Ebenso ein Mitbegründer der KWG.

24 A. von Weinberg wurde von F. ter Meer abgelöst.

(juristische Person) oder jedoch mindestens 40 Goldmark; natürliche Personen entrichteten einen Beitrag von mindestens 4 Goldmark. Die Goldmark diente von 1914 bis 1923, vor allem jedoch während der Hyperinflation, ebenfalls wie der Dollar, als Recheneinheit. Einem Dollar entsprachen 4,20 Goldmark. Eine Goldmark hatte das Äquivalent von einer Reichsmark, die 1924 nach einer entsprechenden Währungsreform eingeführt wurde. Die tatsächlichen Geldtransaktionen oder die Verwaltung der Konten erfolgte durch die Chemie-Treuhand GmbH, ab 1929 Chemie Revisions- und Treuhand GmbH. In den Gewinn- und Verlustrechnungen der Jahre 1927 - 1929 des KWI für Chemie, wird die Chemie-Treuhand und nicht die Emil-Fischer-Gesellschaft als Geldgeber bezeichnet. Beide sind jedoch identisch. Die Abbildung 1 verdeutlicht den Anteil der Emil-Fischer-Gesellschaft an der Förderung des Instituts.

Abbildung 1: *Die Emil-Fischer-Gesellschaft finanziert das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie*



Das Institut erhielt im Schnitt weit über 90 v. H. der eingezahlten Beiträge. Für den Zeitraum 1927 bis 1931 übersteigen die Zuschüsse an das KWI für Chemie erheblich die Einnahmen durch Mitgliedsbeiträge der Emil-Fischer-Gesellschaft.

Die zusätzlichen Geldmittel oder Sonderausgaben ergaben sich primär aus unvorhergesehenen Instandhaltungsmaßnahmen, aus unumgänglichen baulichen Veränderungen²⁵ und für unabdingbar gewordene wissenschaftlich-technische Ausrüstungen,²⁶ adäquat der Ausdehnung der Forschungsarbeiten. Hierunter waren weiterhin der Anstieg des Sachetats der jeweiligen Abteilungen sowie auch die Erhöhung des Personalbestandes und die damit verbundenen Personalkosten zu subsumieren. Die Emil-Fischer-Gesellschaft, um die Fortführung der Forschungsarbeiten am Institut bemüht, finanzierte die erforderlich gewordenen Ausgaben für 1927 zunächst durch außerordentliche Beitragszahlungen²⁷, später über eine Anleihe in Höhe von 51.500 RM bei der I. G. Farben²⁸, die nachträglich in eine Spende verwandelt wurde. Für das Bilanzjahr 1930 wurde der Gesellschaft ein weiterer Sonderzuschuss von der I. G. Farben in Höhe von 20.400 RM²⁹ überwiesen. Von der finanziellen Mehrleistung der I. G. Farben unbemerkt, zeigt die Grafik eindeutig, dass fast die gesamten Mitgliedsbeiträge der Emil-Fischer-Gesellschaft dem Institut von O. Hahn zur Verfügung gestellt worden waren. Der treppenförmige Graph hingegen markiert die bilanzierten Einnahmen des Instituts.³⁰ Für die Jahre 1926 und 1927 wurden darüber hinaus dem Institut größere Beträge von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und/oder dem Deutschen Reich³¹ zu Verfügung gestellt. Von diesen Besonderheiten abgesehen, erwies sich die ausschließliche Finanzierung durch Mitgliedsbeiträge seit längerem als problematisch. Das Institut war ohnehin sehr häufig auf Sonderbewilligungen, Sonderzuschüsse und auch auf Sachspenden³² angewiesen. Obschon in

- 25 Das Institut brauchte unter anderem ein rekonstruiertes Radiumlaboratorium (Radiumhaus) mit entsprechenden Sicherheitsstandards für die stark wirkenden radioaktiven Substanzen. Kosten ca. 20.000 RM, finanziert durch I. G. Farben. Darüber hinaus verwaltete und lagerte das Institut alle radioaktiven Präparate die der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft gehörten, insofern diese nicht verliehen waren.
- 26 Benötigt wurde beispielsweise eine Röntgenanlage und diverse optische und mikroskopische Instrumente.
- 27 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1124, Bl. 19. Emil-Fischer-Gesellschaft. Niederschrift der 8. Hauptversammlung am Freitag, den 7. Dezember 1928.
- 28 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1124, Bl. 124. Bilanz per 31. Dezember 1929. Gewinn- und Verlustrechnung.
- 29 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1124, Bl. 123. Bilanz per 31. Dezember 1930. Gewinn- und Verlustrechnung.
- 30 Hierin sind nicht die Einsparungen des jeweiligen vorangegangenen Jahres enthalten. O. Hahn hatte jene immer als Einnahme (Übertrag) deklariert. Diese Überträge sind keine echten Einnahmen, da sie bereits vorangehend bilanziert worden waren.
- 31 Im Jahr 1927 spendierte die Reichsregierung dem Institut 40.000 RM für den Ankauf radioaktiver Substanzen. Die Gewinn- und Verlustrechnung (Radiumkonto) für das gleiche Jahr weist einen ausgegebenen Betrag in Höhe von 34.000 RM aus.

der Hauptversammlung der Emil-Fischer-Gesellschaft eine Erhöhung der Mitgliedsbeiträge in Betracht gezogen worden war, erschien dieser Schritt vor dem Hintergrund der ökonomischen Entwicklung für längere Zeit nicht opportun.³³ Das Säulendiagramm, vgl. Abbildung 1, verweist im Jahr der schweren Wirtschaftsdepression (1930) auf rapide sinkende Beiträge (Einnahmen). Ab dem Jahr 1933 oder mit dem Einsetzen eines leichten konjunkturellen Aufwindes, stiegen die Einnahmen durch eine Beitragserhöhung für die Mitglieder der Emil-Fischer-Gesellschaft sanft an, wie die Tabelle 1 dokumentiert.

Tabelle 1: *Zur Entwicklung der Mitglieder und der Beiträge der Emil-Fischer-Gesellschaft*

Jahr	1932	1933	1934
Mitglieder	56	54	53
Betrag (RM)	117.500	130.000	132.900

Nachdem eine Aufwärtsbewegung in den Einnahmen zu verzeichnen war, konnten seitens O. Hahn /L. Meitner erste Vorstöße in Richtung Finanzierung einer Protonenerzeugungsanlage für Kernzertrümmerungsversuche, in den Bilanzen als Hochspannungsanlage bezeichnet, unternommen werden. Im November 1934 gab A. von Weinberg für den Etat 1935 eine bedingte Zusage zur Ausgabe von 5.000 RM als erste Rate für diese Absicht, jedoch sollte noch die formelle Bewilligung durch den Verwaltungsausschuss abgewartet werden.³⁴

Eine zweites Projekt Hochspannungsanlage, durch einen Schöngest mit der Bezeichnung „Minerva“ versehen, begann Anfang des Jahres 1941 erste Konturen anzunehmen. „Minerva“ benannte zum einen den Massivbau zur Aufnahme zweier Hochspannungsanlagen (geplant war eine 1,2 Mill. Volt-Anlage zur Erzeugung von Neutronen und ein Druckbandgenerator für 3,5 Mill. Volt zur Ge-

32 Beispielsweise stellte die Actien-Gesellschaft für Anilin-Produktion, bekannt auch als Agfa, mehrmals kostenlos photographische Platten und Filme zur Verfügung, die Deutsche Glasglühlicht-Auer-Gesellschaft schenkte 26 mg Radiothor (1927). Die I. G. Farben vergab verschiedentlich große Mengen organischer Lösungsmittel. Erwähnenswert sind 25 Tonnen Salzsäure und 5 Tonnen Ätznatron zum Aufschluss von 6.000 kg Radiumrückständen (1931). Ab 1933 lassen sich keine Sachmittelspenden mehr nachweisen.

33 Vor der Weltwirtschaftskrise benötigte die Volkswirtschaft Deutschlands zum einen große Geldkapitalmengen zu deren Modernisierung, die durch die Hyperinflation bedingt, zeitlich verzögert einsetzte. Zum anderen befand sich die deutsche Volkswirtschaft im Vorfeld des „Schwarzen Freitag“ bereits auf dem Weg in die Rezession.

34 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1151, Bl. 173 c. Haushaltsplan 1935. L. Meitner bekam 1936 eine zweite Rate von 5.000 und im Jahr 1937 eine Nachbewilligung von 2.000 RM für ihre Hochspannungsanlage.

winnung von energiereichen Teilchenstrahlen wie Protonen oder Neutronen). Allerdings waren hierfür Geldsummen³⁵ erforderlich, die von der Emil-Fischer-Gesellschaft nicht mehr zur Verfügung gestellt werden konnten. Die Einnahmen durch Mitgliederbeiträge der Gesellschaft strebten zu diesem Zeitpunkt auf den Wert von rund 250.000 RM und waren jedoch noch weit entfernt von den Vorstellungen des Institutsdirektors. Zum anderen wurde so das Institutskonto bei dem Bankhaus Hardy & Co., Berlin, benannt, auf das die zusätzlichen Geldsummen für dieses Projekt via KWG-Konto flossen.³⁶ Die Deutsche Industriebank stellte einen Betrag „Für die bauliche Erweiterung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie und Errichtung einer Hochspannungsanlage zur Fortsetzung der Versuche und Arbeiten für die Uran-Spaltung einmalig bis zu 200.000 RM“³⁷ in Aussicht. Die endgültige Bereitstellung und Vergabe des Betrages wurde vom Geldgeber an zwei Bedingungen geknüpft: Die Verwendung der Finanzen sollte einerseits durch die eigene Revisionsgesellschaft geprüft und andererseits mussten die Arbeits- und Gesamtfinanzierungspläne zugänglich gemacht werden. Alle absehbaren Kosten und deren Deckung waren offen zu legen. Von Seiten der Banker verständliche Forderungen. De facto war zu diesem Zeitpunkt die (vermeintliche) Gesamtfinanzierung von „Minerva“ keineswegs gesichert, so dass der geschäftsführende Vorstand der KWG in diesem Zusammenhang an den Generaldirektor der Deutschen Industriebank, W. Bötckes, formulierte: „Während der Kriegszeit wird die Durchführung der von Prof. Hahn angeregten Erweiterungsarbeiten kaum möglich sein, es sei denn, daß von Seiten der Wehrmacht ein dringendes Interesse daran zum Ausdruck gebracht wird“.³⁸ Die Wehrmacht, konkret das Reichsluftfahrtministerium (RLM)³⁹, war indessen daran interessiert. Das Ministerium stellte hierfür eine geplante Gesamtsumme von 320.000 RM in Aussicht.⁴⁰ Derweil erwies sich „Minerva“ als ein Fass ohne Boden. Wiewohl das

35 O. Hahn veranschlagte 520.000 RM, die jedoch nicht im geringsten ausreichen sollten.

36 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1151, ohne Blattangabe. Abschrift aus I D 3. Schreiben von E. Telschow an O. Hahn vom 22. Juni 1942. Ein direkter Zahlungsverkehr zwischen Geldgeber und dem Institut sollte nicht stattfinden.

37 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1153, ohne Blattangabe. Schreiben Deutsche Industriebank an die Generalverwaltung der KWG vom 13. Februar 1941.

38 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1153, ohne Blattangabe. Abschrift aus I D 3. Schreiben von E. Telschow an W. Bötckes vom 28. Mai 1941.

39 RLM und Heereswaffenamt finanzierten bereits seit 1939 die Abteilung Laboratorien mit Zuschüssen.

40 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1153, ohne Blattangabe. Schreiben von O. Hahn an A. Vögler vom 4. Mai 1943. 260.000 RM waren für die Bauten der Hochspannungsanlagen gedacht und 60.000 RM zum Bau einer 40 Meter langen Baracke für die Massenspektrographie.

Baugeschehen rasche Fortschritte⁴¹ machte und sich seinem Ende zuneigte, waren weitere Gelder vonnöten. „Um die beiden Bauten nun aber in wirklich betriebsfähigen Zustand zu versetzen, sind doch noch größere Mittel erforderlich“⁴², artikulierte O. Hahn. In summa sei ein weiterer Sonderzuschuss in Höhe von 200.000 RM unerlässlich. Daraufhin wandte sich der geschäftsführende Vorstand der KWG an den Reichsforschungsrat mit der Bitte, diesen einmaligen Zuschuss zu gewähren.⁴³ Allerdings sollten sich in der Perspektive (Geschäftsjahr 1944) auch die laufenden Ausgaben für Sach- und Personalmittel beträchtlich erhöhen: „Prof. Hahn würde es dankbar begrüßen, wenn Summen bis zu 100.000 RM gegeben würden.“⁴⁴ Der Jahresetat belief sich für 1943 auf 329.000 RM. Inwiefern nun diese geplanten Vorhaben im Detail realisiert werden konnten, geht aus den zur Verfügung stehenden Quellen nicht hervor. In Sonderheit betraf dies die wissenschaftlichen und technischen Ausrüstungen oder Versuchsapparaturen. Die letzte Nachricht datierte vom 19. Januar 1944⁴⁵ und bezog sich auf die Anforderung an die Generalverwaltung, die noch verbliebene Rate in Höhe von 50.000 RM von der Deutschen Industriebank an das Institut zu überweisen. Als sicher kann gelten, dass die Gebäude des Projektes wohl insgesamt fertig gestellt wurden und dass die massenspektrographischen Untersuchungen von J. Mattauch, der Nachfolger von L. Meitner, recht kostspielig waren. So kostete eine Zusatzapparatur rund 30.000 RM. Mit dem Beginn des Zweiten Weltkrieges war ein starker Anstieg der öffentlichen Finanzierung am KWI für Chemie zu verzeichnen. Wenngleich von staatlicher Seite absolut mehr Geld verausgabt worden war, blieb das Verhältnis von privater zur öffentlichen Finanzierung trotzdem annähernd gleich.

Die Tabelle 2 benennt die Förderer und deren Anteile.⁴⁶ Im Zeitraum 1924 bis 1943 wurden dem KWI nachweislich 4.250.000 RM zur Verfügung gestellt. Hier- von entfielen auf die öffentliche Hand lediglich 357.000 RM. Diese Summe beschreibt einen Anteil an der Gesamtfinanzierung von 8,4 v. H. Der Finanzierungsumfang wurde neben den anfänglich erwähnten Quellen zusätzlich aus den

41 Bis Ende 1943 waren 150.000 RM in drei Raten für das Gebäude verwendet worden. Die erste erhielt O. Hahn im Sommer 1942.

42 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1153, ohne Blattangabe. Schreiben von O. Hahn an A. Vögler vom 4. Mai 1943. O. Hahn begründet die Zusatzkosten.

43 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1153, ohne Blattangabe. Abschrift aus I 926, Brief von E. Telschow an den Reichsforschungsrat vom 4. Mai 1943.

44 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1153, ohne Blattangabe. Aktennotiz W. Forstmann vom 18. März 1943. Betrifft: KWI für Chemie - Laufende Mittel für die Speer-Arbeiten.

45 Kurze Zeit später ist das Institut durch alliierte Bombenangriffe stark beschädigt worden.

46 Auf drei Stellen gerundet.

Tabelle 2: *Die Geldgeber des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie (in RM)*

1924/1932	total	v. H.	privat	v. H.	öffentlich	v. H.
Emil-Fischer-Gesellschaft	1.344.000	78,4	1.344.000			
Sonderbewilligung/Spenden der I. G. Farben	85.000	5,0	85.000			
Spenden anderer Unternehmen	84.000	4,9	84.000			
Deutsches Reich	40.000	2,3			40.000	
Zuschuss von Reich/Preußen ⁴⁷	87.000	5,1			87.000	
Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft	31.000	1,8	31.000			
Sonstige ⁴⁸	38.000	2,2	38.000			
KWG ⁴⁹	6.000	0,3	6.000			
	1.715.000	100,0	1.588.000	92,6	127.000	7,4

1933/1943	total	v. H.	privat	v. H.	öffentlich	v. H.
Emil-Fischer-Gesellschaft	2.073.000	81,8	2.073.000			
Heereswaffenamt/RLM	156.000	6,2			156.000	
Sonderbewilligung/Spenden ⁵⁰	17.000	0,7	17.000			
Zuschuss von Reich/Preußen	74.000	2,9			74.000	
KWG	2.000	0,1	2.000			
Sonstige	13.000	0,5	13.000			
Deutsche Industriebank	200.000	7,9	200.000			
	2.535.000	100,0	2.305.000	90,9	230.000	9,1

Berichten der Hauptversammlung der Emil-Fischer-Gesellschaft inhaltlich ihrer veröffentlichten Gewinn- und Verlustrechnungen rekonstruiert.⁵¹ Die verausgabten Beträge der Deutsche Industriebank entstammen anderen Quellen, da diese nicht als Institutsinnahmen geführt und demnach nicht als Institutsausgaben bi-

47 Der laufende Zuschuss wurde ab und an auch unter dem Titel KWG geführt. Hier jedoch einheitlich unter Reich/Preußen.

48 Einnahmen durch Mieten, Doktorandengebühren, Zinsen, u.ä.

49 Zuschüsse aus dem Privatvermögen der KWG.

50 Enthalten 5.000 RM (1933) eines ungenannt bleiben wollenden Spenders. Bemerkenswert soll, dass die Quellen lediglich zwei natürliche Personen als Spender benennen. Namentlich vergab A. von Weinberg rund 2.000 RM im Jahr 1931.

lanziert worden waren. Für das Jahr 1942 stand ein vorläufiger Jahresbericht, der im wesentlichen dem Bericht über die Prüfung des Rechnungsabschlusses entspricht, zur Verfügung. Der Haushaltsplan oder Voranschlag lieferte die Daten für das Jahr 1943.

Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie - ein Forschungslabor der I. G. Farbenindustrie AG?

Obwohl unter dem Dach der KWG und auch von ihr verwaltet, war das Institut zuvörderst in Abhängigkeit von der Art der Finanzierung als eigene Rechtspersonlichkeit anzusehen. A. von Harnack deutete in einer Aussprache diese Konstellation an, indem er einräumte, dass, wenn sich die KWG stärker an der Finanzierung beteiligte,⁵² auch die Rechte und die Pflichten gegenüber dem Institut größer werden würden. Die Generalverwaltung hatte, wie weiter zu belegen sein wird, ein nur sehr eingeschränktes Weisungs- und Mitspracherecht gegenüber dem Direktor des KWI für Chemie. Der Institutsleiter war zunächst nur dem Verwaltungsausschuss und dem Verwaltungsrat des Instituts für Chemie betreffs der zu planenden Kosten und der tatsächlichen Ausgaben verantwortlich. Die erlassenen Vorschriften und Anordnungen seitens der KWG zur Prüfung des Rechnungswesens hingegen bezogen sich primär auf die öffentlich finanzierten Institute. Ab dem Frühjahr 1928 begannen sich zunehmend staatliche Stellen wie das Reichsministerium des Innern und das Preußische Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung dafür zu interessieren, welche Summen die Industrie für den Sach- und Personaletat für die von ihr unterhaltenen Institute bereitstellte. Die KWG war angehalten worden, diesem Ansinnen nachzukommen. So verschickte sie ein entsprechendes Formular gleichfalls an das KWI für Chemie und betonte: „Die Unterlagen werden vertraulich behandelt und dienen lediglich der Generalverwaltung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft als Material, um Anfragen beantworten zu können, ohne die Aufstellung im einzelnen mitzuteilen.“⁵³ Dass die KWG bis dato über keine näheren Daten verfügte, mochte eventuell auch daran liegen, dass die vom Bürodirektor der Generalverwaltung, F. Arndt, geprüften Gewinn- und Verlustrechnungen des Instituts nicht augenscheinlich in Sach-

51 Die ausgewiesenen Zuschüsse der Emil-Fischer-Gesellschaft sind in den Institutsbilanzsummen nachweisbar. In den Jahren 1927, 1932 und 1933 weichen die angegebenen Summen etwas von einander ab. Die Differenzen 1927 (+ 4.000 RM), 1932 (- 3.000 RM) und 1933 (+ 3.000 RM).

52 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1150, Bl. 39. Bericht über die Sitzung des Verwaltungsausschusses Dezember 1928. A. von Harnack hatte hier die Instandhaltung der Gebäude im Auge.

53 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1152, Bl. 42. Abschrift aus I D 1 – 1928/29, A. von Harnack an das KWI für Chemie vom 25. April 1928.

und Personalkosten differenziert worden waren. Die Bilanzierung nach dem normativen Vorgaben der KWG und die entsprechende Prüfung durch den Rechnungsrevisor der KWG, A. Schröder, fand am KWI für Chemie zum ersten Male über das Geschäftsjahr 1930 statt.⁵⁴ Der Sachetat der Abteilung O.Hahn / L. Meitner wurde allerdings noch keiner Prüfung unterzogen.

Die sukzessive Anwendung der Bestimmungen der Buch- und Rechnungsführung für die öffentlich finanzierten Institute auf das KWI für Chemie erfolgte jeweils in Absprache mit C. Duisberg als Ansprechpartner seitens der Generalverwaltung: „Auf Ihre Anfrage gestatte ich mir Ihnen mitzuteilen, dass von meiner Seite aus keine Bedenken bestehen, die regelmäßigen Revisionen **unseres** (Hervorgehoben vom Verfasser) Instituts in der gleichen Weise durchzuführen, wie das bei den anderen Instituten geschieht. Auch die spätere Nachprüfung der beanstandeten Punkte halte ich für richtig. Ich bitte Sie, nunmehr dem Direktor, Herrn Professor Dr. Hahn, den Revisionsbericht zur Kenntnis zu bringen und gleichzeitig zu veranlassen, dass das erwähnte Rundschreiben auch für das K. W. I. für Chemie zur Durchführung kommt.“⁵⁵ Ab dem Jahr 1933 wurde die Revision der Finanzströme ebenfalls auf die Sachkosten der Abteilung O. Hahn / L. Meitner ausgedehnt und desgleichen mit einem Bericht versehen.⁵⁶

Im Zusammenhang mit dem Gesetz zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums⁵⁷ vom 07. April 1934 befürchtete O. Hahn aufgrund des jahrelangen Zuschusses von Seiten des Staates, in den vorhergehenden Bilanzen auch unter der Bezeichnung KWG, gleichartige Reaktionen wie zuvor am Institut für physikalische Chemie und sprach sich im Prüfungsbericht des Revisors gegen die Formulierung „Zuwendungen des Staates“ aus. F. Glum antwortete daraufhin: „Der Revisionsbericht der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hat an sich keine Bedeutung, da der Bericht nur für die Verwaltung der Institute und für die Generalverwaltung bestimmt ist. Die von Herrn Prof. Hahn befürchteten Konsequenzen halte

54 Eine Bilanz als Einnahmen- und Ausgabenrechnung nebst Vermögensübersicht liegt jedoch erst über das Geschäftsjahr 1931 vor.

55 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1153, Bl. 128. Schreiben von C. Duisberg an F. Glum vom 24. Mai 1933.

56 A. Schröder bestätigte anfänglich, dass O. Hahn / L. Meitner noch andere Zuschüsse verwalteten und über weitere Konten verfügten, die keiner Prüfung unterlagen. Die Quellen deuten jedoch in keiner Weise an, um welche Summen und um welche Geldgeber es sich hierbei handelte. Auf einem dieser Konten, dessen Zahlungsverkehr nicht der Prüfung unterlag, wurden jeweils die in den Sachkosten bilanzierten Geldsummen für die Hochspannungsanlage L. Meitners abgerechnet.

57 Betraf zuvörderst L. Meitner, die nicht „rein arischer Abstammung“ war. O. Hahn hatte sich C. Bosch mitgeteilt, der daraufhin an F. Glum schrieb. Mit dem Anschluss Österreichs veränderte sich jedoch die psychologische Situation L. Meitners gravierend.

ich übrigens nicht für gegeben,“ so der Generaldirektor der KWG weiter, „da das Institut ja nur einen kleinen Bruchteil seiner Mittel vom Staat bezieht und der Staat beim Berufsbeamtenengesetz diese Bestimmungen nur auf Institute angewendet hat, die mehr als 50% öffentliche Mittel beziehen“.⁵⁸ Das KWI für Chemie hatte von Seiten des NS-Staates eher keine Eingriffe und Einmischungen zu erwarten, wenn auch anfänglich solche Besorgnisse begründet waren.

Unter besonderer Berücksichtigung der personellen Verflechtungen leitender Mitarbeiter der Emil-Fischer-Gesellschaft und des Verwaltungsrates des KWI für Chemie durch Angehörige der I. G. Farben und unter Einbeziehung der ausgesprochen hohen Sonderleistungen des Konzerns, ist die obengenannte Hypothese zu bejahen. Anzuhängen bleibt, dass die I. G. Farben⁵⁹ unbeschränkt als größter Beitragszahler der Emil-Fischer-Gesellschaft, wie bereits bemerkt, gelten dürfte.

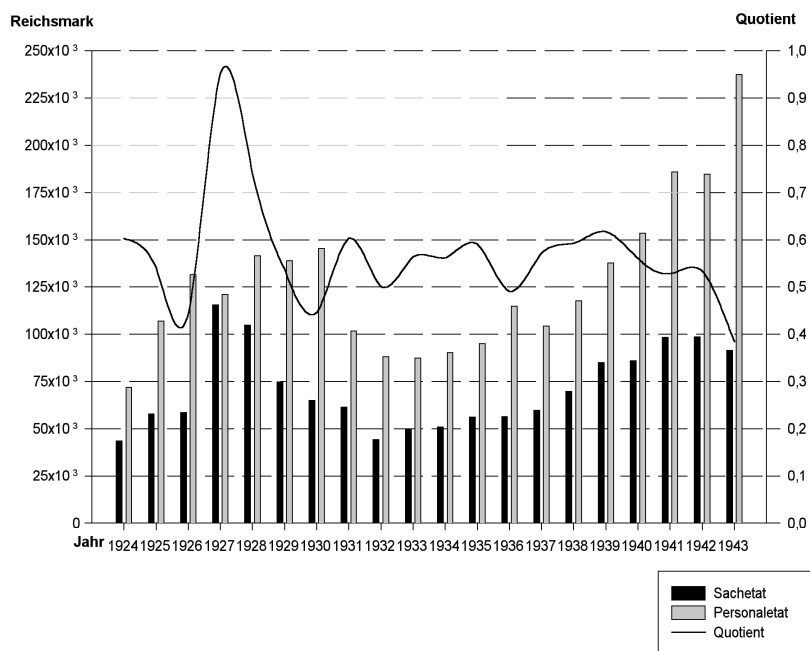
Die Abbildung 2 differenziert den jährlichen Haushalt des Instituts zum einen in *verkürzter Sach-* und Personaletat und zeigt zum anderen den hieraus resultierenden Quotienten (geglättete Kurve) und dessen Verlauf an.

Die starke Auslenkung der Kurve um 1927/28 kennzeichnet größere Investitionen (überwiegend Instandhaltungen und Erneuerungen im Radiumhaus). Der im Jahr 1931 stark abfallende Personaletat war vor allem mit dem Ausscheiden der Abteilung Hess aus dem Institut sowie durch Gehaltskürzungen verursacht und ist nicht auf Personalentlassungen zurückzuführen. Unter dem Gesichtspunkt der Bilanzierung verfügte diese Einrichtung nur noch über eine Abteilung. Ab diesem Zeitpunkt und bis zu Beginn der 1940er bewegt sich der Graph ausnahmslos auf einer Höhe zwischen 0,5 und 0,6. Die absoluten Werte steigen allmählich und im gleichen Verhältnis zu einander an. Ab 1941 verändert sich jedoch der Quotient zu Gunsten des Personaletats und sinkt auf 0,4 ab. In den verkürzten Sachkosten waren, wie eingangs erwähnt, nicht die Ausgaben für die Gebäudebauten inbegriffen. Der Quotient müsste unabhängig hiervon dennoch ansteigen, denn es kann angenommen werden, dass neben den Bauten auch wichtige wissenschaftlich-technischen Einrichtungen zu Beginn des Jahres 1944 installiert worden waren. Aus momentaner Sicht der Dinge liegen, wie zuvor angedeutet, die tatsächlichen Ausgaben, abgesehen vom Kostenvoranschlag (260.000 RM, Hochspannungsanlagen) und den Schätzungen für weiteres Inventar (200.000 RM) noch im Dunkeln. Berücksichtigt wurden jedoch nur die kalkulatorischen (zu bilanzierende) Kosten des Haushaltsplans für das Jahr 1943.

58 MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A Nr. 1153, Bl. 160. Antwortschreiben von F. Glum an C. Bosch vom 15. Oktober 1935.

59 Gegründet 1925 durch Zusammenschluss von BASF, Bayer, Hoechst, Agfa, der „Chem. Fabriken vorm. Weiler-ter-Meer“ und „Chem. Fabrik Griesheim-Elektron“.

Abbildung 2: *Das Verhältnis aus Sach- zum Personaletat am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie*



Die Gesamtfinanzierung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie

Diese Forschungseinrichtung wurde überwiegend öffentlich, das heißt durch den Staatshaushalt finanziert. Private Geldgeber spielten im Gesamtetat des Instituts eine untergeordnete Rolle. Ebenso Sachspenden wie Maschinen, Apparaturen und Bücher durch die Industrie. Strukturiert war das Institut ab 1923 in drei Abteilungen, die von den Herren H. Freundlich, R. Ladenburg und M. Polanyi geleitet wurden.

Ähnlich der Emil-Fischer-Gesellschaft gegenüber dem KWI für Chemie, hatte die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft die gleiche Funktion hinsichtlich des KWI für physikalische Chemie. Sie verwaltete, so sie der Träger des entsprechenden Instituts war, die den Einrichtungen zufließenden Mittel und legte Rechnung gegenüber dem Finanzausschuss. Zuwendungen von privater Seite waren der gleichen Prozedur unterworfen. Ebenso vergab die KWG Zuschüsse aus ihrem Privatver-

mögen. Weitere nennenswerte nichtöffentliche Geldsummen flossen an das Institut von der Koppel-Stiftung⁶⁰ (Investitionen, Instandhaltung), vom Haber-Stipendien-Fonds, von der Deutschen Notgemeinschaft der Wissenschaft (Sachmittel, Stipendien), von der Rockefeller-Foundation (Investitionen, Stipendien) und von der I. G. Farben, die kleinere Forschungsaufträge und nicht zweckgebundene Geldmittel vergeben hatte. Jene Zuwendungen von privater Seite, und hierin bestand eine Besonderheit, wurden analog den Zuschüssen der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und/oder der Deutschen Forschungsgemeinschaft nur teilweise als Institutsinnahmen bilanziert.

Als öffentlich finanziertes Institut war es stärker dem formellen finanzbürokratischen Regelwerk ausgesetzt als das KWI für Chemie. Der genehmigte Gesamtetat des Instituts zum Beispiel, differenziert in Sach- und Personalkosten, galt aus der Sicht des Rechnungshofes generell als Dogma. Und die KWG wachte in diesem Sinne streng auf die Einhaltung der finanzrechtlichen Bestimmungen. Vor allem zu Zeiten, als der öffentliche Haushalt infolge der Weltwirtschaftskrise restriktiven Sparmaßnahmen unterworfen war. So waren selbst Verschiebungen zwischen dem Sach- und Personaletat oder innerhalb des Etatpostens ausdrücklich in einer Verfügung vom 15. Dezember 1931 untersagt worden.⁶¹ G. Jander und später P. A. Thiessen⁶², waren ebenfalls mit dieser Anordnung konfrontiert. Beiden ging es primär um eine entsprechende und angemessene Bezahlung der wissenschaftlichen Mitarbeiter gegenüber der Industrie und den Hochschuleinrichtungen. Das durchschnittliche Monatseinkommen dieser Berufsgruppe betrug am Institut anfänglich etwa 150 RM monatlich. Um eventuellen Abwanderungen in besser dotierte Stellen abzufangen, erwies es sich im Laufe der Zeit als unumgänglich, eine den üblichen Tarifen entsprechende Einstufung vorzunehmen, die während der Probezeit vernachlässigt werden konnte. In diesem Kontext verwiesen G. Jander und P. A. Thiessen auf eine elastische Handhabung des Personaletats seitens der Institutsleitung.

60 Jährlich bis 1935 15.000 RM. In den Jahren 1933 und 1934 wurden diese Summen nicht an das Institut abgeführt.

61 MPG-Archiv, I. Abt. Rep 1A Nr. 1181, Bl. 66. Schreiben von F. Haber an M. Planck vom 16. Juni 1932.

62 P. A. Thiessen sprach sich in der Kuratoriumssitzung vom 19. Juni 1935 für eine Lockerung dieser Bestimmung auf. Ohnehin war er angehalten worden, die Bezüge von R. Mentzel, der gleichzeitig Referent im Reichsministerium für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung war, ab 01. April 1935 auf 11.000 RM anzuheben. Wenn der Personaletat hierfür nicht ausreicht, dann, so die Anweisung von F. Glum, solle die Differenz durch Einsparungen am Sachetat erwirtschaftet werden.

F. Haber plädierte bereits für die Aufhebung dieser Beschränkung hinsichtlich der frei gewordenen Personalmittel der Abteilung von R. Ladenburg⁶³, um jene zur Besoldung hoffnungsvoller wissenschaftlicher Nachwuchskandidaten zu verwenden. Die Herstellung eines ausgewogenen Verhältnisses von Sach- und Personalkosten entsprechend den wissenschaftlichen Anforderungen war vor allem zu Beginn der 1930er Jahre ein nicht leicht zu lösendes Problem. Hinsichtlich des Personaletats verbarg sich hier die Schwierigkeit, und dies sei noch einmal hervorgehoben, qualifizierte Mitarbeiter in bestimmter Anzahl gleichfalls gebührend zu bezahlen, ohne den laufenden Sachetat bei der nächsten Haushaltsplanung merklich zu reduzieren. An seinem Institut finanzierte F. Haber über Stipendien, parallel zur Deutschen Notgemeinschaft, gesondert wissenschaftliches Personal, das außerdem am laufenden Sachetat zehrte. Dieser zur Verfügung stehende Sachetat mochte eventuell noch ausreichend sein. Indessen deutete sich das Problem langfristig an den fehlenden Mitteln für Sachinvestitionen an. Dem Institut mangelte es vorwiegend an modernen Apparaturen und optischen Messeinrichtungen. So waren amerikanische Gastwissenschaftler beispielsweise über die Schlichtheit und das Alter der technischen Ausrüstungen erstaunt, mit denen wissenschaftliche Untersuchungen betrieben worden waren.

L. H. Reyerson von der University of Minnesota, zu Gast in der Abteilung von H. Freundlich, vermittelte in diesem Zusammenhang den Kontakt zu L. W. Jones von der Rockefeller-Foundation, Außenstelle Paris. H. Freundlich beantragte daraufhin einen Sachkostenzuschuss von \$10.000. Er benötigte in seiner Abteilung vor allem eine Ultraschallwellenapparatur und verschiedene Spektrographen zur weiteren Erforschung kolloidchemischer Veränderungen durch Ultraschall. Die Kosten waren mit rund 33.500 RM erwogen worden.⁶⁴

Auch F. Haber nutzte Schritt für Schritt die entstandenen Kontakte zur Foundation und verhandelte ab Sommer 1931 mit L. W. Jones über die Finanzierung einer Hochspannungsanlage („600.000 volts high tension apparatus“) für H. Kallmann, mit einer Kostenkalkulation in Höhe von 20.000 RM. Jene Zuschüsse der Foundation waren allenfalls nützliche Hilfen in einer Zeit, in der auch der Sachetat um insgesamt bis zu 30 v. H. gekürzt worden war. Vor der Ku-

63 R. Ladenburg ging am 01. Oktober 1932 in die USA und die Abteilung wurde aufgelöst.

64 Die Rockefeller-Foundation bewilligte hierfür \$7.000 (rund 29.400 RM) im Dezember 1930. Davon erhielt der Antragsteller 1931 10.000 RM für die Bezahlung einer Hochfrequenzanlage. 1932 waren noch einmal 30.000 RM von der Rockefeller-Foundation gebucht worden. Als 1933 sukzessive das wissenschaftliche Personal entlassen wurde, erhielten H. Freundlich, F. Haber und H. Kallmann die mit Geldern der Foundation angeschafften Apparaturen mit einem Restbuchwert in Höhe von 18.900 RM ausgehändigt. Um welche Dinge es sich konkret handelte, geht aus den Bilanzen nicht hervor.

lisse umfassender Sparmaßnahmen im öffentlichen Haushalt thematisierte F. Haber, wie eingangs erwähnt, das weitere Absenken des Sach- und Personaletats folgerichtig als Gefährdung des erreichten Forschungsstandes, der zum Verlust der Wettbewerbsfähigkeit auf internationaler Bühne führen könne. P. A. Thiessen wird, fast ein Jahrzehnt später, nachdem ein bestimmtes Stadium in der Forschung erreicht wurde, ähnlich argumentieren: „...eine weitere Kürzung der staatlichen Zuschüsse zum Instituts-Etat (ist) ohne ernsthafte Gefährdung der Arbeiten des Instituts nicht mehr möglich.“⁶⁵

Staatlich finanziert, durfte das Institut offiziell keine Rücklagen und/oder kein Vermögen bilden. Es sei denn, private Geldgeber stellten entsprechende Summen für Rücklagen oder Fonds zur Verfügung. In diesem Sinne handelte F. Haber in einer finanziell sehr schwierigen Zeit wie die der Hyperinflation. Im Juli 1923 bildete er im Einvernehmen mit der KWG aus den Resten des Stiftungsvermögens von L. Koppel einen Notfonds.⁶⁶ Zu diesen Fonds wurden die Seminargebühren (Devisen) der ausländischen Institutsgäste hinzugefügt. Der Reservefonds war in den letzten Monaten des Jahres 1923 „...die einzige Quelle gewesen, aus der die Institutsausgaben gedeckt werden konnten, als die Mittel von seitens der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft nicht flossen.“⁶⁷ Jene Kapitalanlage beinhaltete per 31. Mai 1933 französische und spanische Aktien im Kurswert von 14.200 RM. Die Entstehung einer weiteren Rücklage, des Depots (Konto) *separato*, vollzog sich ebenfalls in dieser Zeit und wurde in den Büchern des Instituts auch als Haber-Fonds⁶⁸ geführt. In diesen Fonds (gestreute Aktien) flossen alle Vergütungen, die F. Haber als Aufsichtsratsmitglied bei der I. G. Farben (Bayer, Leverkusen) und bei den Horchwerken (Berlin) erhielt. Bis zum Frühjahr 1933 waren summarisch rund 248.000 RM in Wertpapieren angelegt worden, wovon noch Aktien im Kurswert von ungefähr 100.000 RM per 31. März 1933 zur Verfügung standen. Ein dritter Fonds unter der Bezeichnung Depot (Konto) *ordinario*⁶⁹ war jedoch jüngeren Datums und hatte seinen Ursprung im Zeitraum 1929/30⁷⁰. Dieser

65 MPG-Archiv, I. Abt. Rep. 1A Nr. 1184, ohne Blattangabe, Schreiben von P. A. Thiessen an E. Telschow vom 04. Februar 1941.

66 Den Rest des Stiftungsvermögens erhielt das Bankhaus Medelssohn & Co. in Gestalt von 49 Châde-Aktien à 500 Pesetas.

67 MPG-Archiv, I. Abt. Rep. 1A Nr. 1170, Bl. 115. Brief von F. Haber an M. Planck vom 01. Juni 1933.

68 Der Generaldirektor der KWG formulierte in einem Dankschreiben an F. Haber: „... daß Sie, sehr verehrter Herr Geheimrat, nicht nur Ihre ganze Arbeitskraft dem Institut und der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft widmen, sondern zugleich der einzige finanzielle Förderer Ihres Instituts neben Reich und Staat sind.“ MPG-Archiv, I. Abt. Rep. 1A Nr. 1162, Bl. 44.

69 Um dieses Guthaben und dessen Verfügungsgewalt entspann sich zwischen G. Jander und der KWG ein regelrechtes Tauziehen.

Sachverhalt bildete einen merkwürdigen Kontrast vor dem Hintergrund der angespannten Budgets und in einer Zeit, in der ausnahmslos geldliche Mittel spärlich flossen. In diesem Falle waren es wahrscheinlich, und das ist betont hypothetisch formuliert, Geldreserven der KWG, die geparkt werden sollten: „In Kürze gesagt“, formulierte F. Haber, „handelt es sich erstens um 120.420 RM bezeichnet Depot ordinario, die aus Zahlungen der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft stammen und auf Sparsamkeitsaufforderungen der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hin zurückgelegt worden sind.“⁷¹ In der KWG gingen bereits Ende 1929 ernsthafte Bedenken um, dass bei weiterer Verschlechterung der Haushaltslage eventuell die Generalverwaltung genötigt werde, auf ihre eisernen Privatbestände (Pensions- und Rentenfonds u.ä.) zurückzugreifen, um den notleidenden Instituten zu helfen.⁷² Anzuführen bleibt, dass G. Jander trotz intensiver Bemühungen keinen Zugriff auf das Depot (Konto) ordinario erhalten hatte, obschon er der Auffassung war, dass diese Wertpapiere Bestandteil des Institutsvermögens seien und demzufolge der Direktor nach eigenem Ermessen disponieren könne. Die Verfügungsberechtigung seitens des Instituts⁷³ ging allerdings schon am 02. Oktober 1933 auf die Generalverwaltung der KWG über. Zeichnungsberechtigte waren nunmehr F. Glum, M.L. von Cranach und E. Telschow. G. Jander hatte zwar für dieses Konto ebenfalls eine Verfügungsvollmacht, jedoch nicht für das Depot (Konto) separato, auf dem das Vermögen (Depot ordinario) des alten Instituts bereits ab November 1933 von der KWG verwaltet worden ist. Lediglich die Reste des Stiftungsfonds (14.200 RM) gingen in den Institutsbesitz über.

Das Jahr 1933 differenzierte gewissermaßen das Institut in alt und neu. Das Adjektiv neu wurde hinsichtlich der Institutsleitung inhaltlich Personalbestand, einer erweiterten Abteilungsstruktur sowie im Sinne sogenannter staatswichtiger Forschungsarbeiten benützt, die spätestens ab 1935 durchgeführt worden sind. Eine Zeit lang bestanden folgende Hauptabteilungen:

- G. Jander (anorganische Chemie)
- P. A. Thiessen (physikalische und Elektrochemie)
- R. Mentzel (anorganische und angewandte Chemie)
- H. C. Stuhlmann (technische Chemie)
- E. Jenckel (Kunststoffabteilung, bis 1941)

70 Betraf Einsparungen beim „Sächlichen Sonderfonds für 5 Jahre“ aus Mitteln der KWG sowie Ersparnisse aus dem laufenden Sachetat des Jahres 1932.

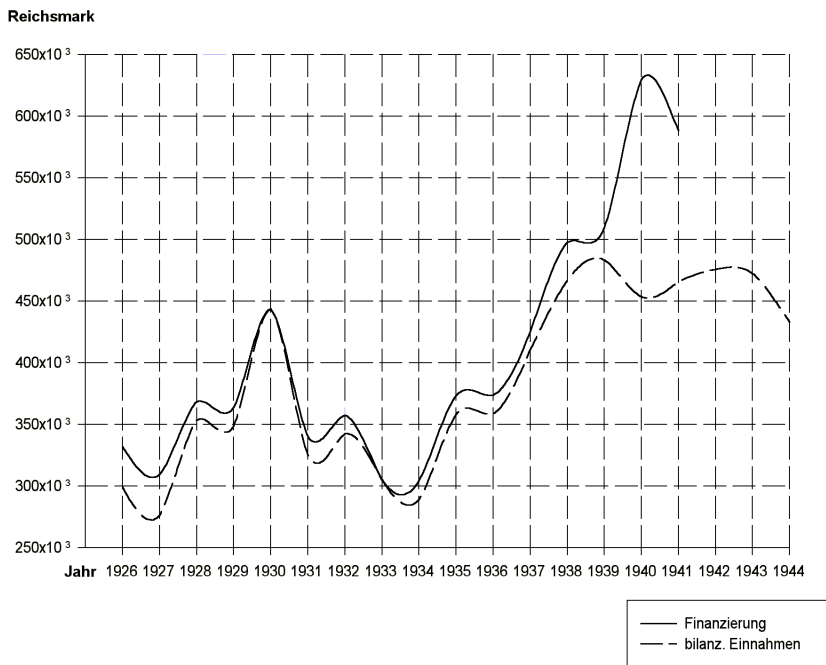
71 MPG-Archiv, I. Abt. Rep. 1A Nr. 1170, Bl. 115. Brief von F. Haber an M. Planck vom 01. Juni 1933.

72 MPG-Archiv, I. Abt. Rep. 1A Nr. 1162, Bl. 60. Brief von F. Glum an F. Haber vom 26. November 1929.

73 Unterschriftsberechtigt waren neben F. Haber H. Kallmann, H. Freundlich und F. Epstein.

Der Begriff „staatswichtig“ wurde später durch den Ausdruck „kriegswichtig“ ersetzt. Die Kriegswichtigkeit hatte wiederum verschiedene Dringlichkeitsstufen für Wehrmachtsarbeiten. Dem Institut wurde für diese oder jene Aufgabe die höchste Dringlichkeitsstufe „SS“ zuerkannt und somit der uneingeschränkten Finanzierung einiger Forschungsthemen eine gewisse Priorität eingeräumt. Eine Folge, die mit dem Einspannen aller verfügbaren Ressourcen für die Kriegsführung, vor allem ab 1941, zusammenhing. Die Abbildung 3 demonstriert diese Entwicklung.

Abbildung 3: *Die Gesamtfinanzierung und die bilanzierten Einnahmen am Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie als Grafik*



Die zur Verfügung stehenden Quellen benannten ab dem Jahr 1942 keine zusätzlichen oder nichtbilanzierten Zuschüsse. Mit großer Sicherheit kann aber angenommen werden, dass, wie der Kurvenverlauf andeutet, jene stark zurückgefahren wurden. Für die Jahre, in denen die Kurven kongruent waren, liegen keine weiteren Daten zur Gesamtfinanzierung vor. Zu den bilanzierten Einnahmen bleibt anzufügen, dass für die Jahre 1926 - 1927 und 1934 - 1940 das Direktorengeloh nicht als Einnahme ausgewiesen worden war.

Als offizielles Rücktrittsdatum von F. Haber, jedenfalls vom Gesichtspunkt der Rechnungs- und Buchführung, galt der 31. Oktober 1933.⁷⁴ Bis zu diesem Zeitpunkt war nach und nach auch die Abwicklung, um einen zeitgemäßen Begriff zu verwenden, des gesamten wissenschaftlichen Personals erfolgt. Der kommissarische Direktor, G. Jander, übernahm ab Mitte Oktober die Amtsgeschäfte. Es wurde sogleich begonnen, das Institut baulich zu erneuern. Wegen „dringender staatsnotwendiger Aufgaben“, wie häufig formuliert wurde. Eine Ausdrucksweise, die auch zur Begründung für die außerplanmäßig entstandenen hohen Kosten diente. Entsprechend den Vorstellungen der neuen Geldgeber, wie des Reichswehrministeriums (RWM), war auch der alte Chlorraum zu reaktivieren und zu modernisieren.⁷⁵ Vorgesehen war eine neue Entlüftungsanlage (Exhaustor), bestückt mit Filtern der Auer-Gesellschaft und die hermetische Abriegelung des Gasraumes mittels Schleuse, „damit die scharfen Gase aus diesem Raum nicht nach der Maschinenhalle dringen und dort die Metallteile der Anlagen angreifen können“.⁷⁶ Darüber hinaus waren jedes Labor mit einer Verdunklung sowie die Büroräume und Treppenflure etc. mit lichtdichten Vorhängen auszustatten. Anzumerken bleibt in diesem Zusammenhang, dass in den Einnahmen- und Ausgabenrechnungen ab dem Jahre 1934 die neue Kostenstelle für Versuchstiere registriert wurde. Die zusätzlichen Ausgaben der Umbauten und für die teilweise Erneuerung des Instituts beliefen sich im März 1934 bereits auf ca. 159.000 RM. Das Reichswehrministerium übernahm, nachdem die KWG eine Verwendung des Haber-Fonds hierfür ablehnte, die kalkulatorischen Kosten in Höhe von 123.000 RM. Das Defizit deckte die KWG, indem sie an das Institut eine Art Darlehen vergab. Mit der „neuen“ Zeitrechnung waren öfters Mahnungen und Zahlungsaufforderungen zu verzeichnen, die aber wohl eher der Generalverwaltung der KWG als dem Institut galten.

Unter der Leitung von P. A. Thiessen erfolgten weitere und größere Sachinvestitionen. Im Jahr 1938 wurden die Akkumulatoren für das Röntgenhaus, die verschlissen und seit längerem ein Sorgenkind waren, durch röhrengeregelte Umformersätze⁷⁷ ausgetauscht. Sie garantierten eine sehr konstante Gleichspannung bei

74 F. Haber hatte jedoch seinen Rücktritt zum 01. Oktober 1933 erklärt. O. Hahn nahm vorübergehend die Leitung bis zu G. Janders Eintreffen wahr.

75 Die Kuratoriumssitzung vom 07. Juli 1933 beschloss eine Anfrage an das Reichswehrministerium, ob nicht die Ergebnisse von F. Haber auf dem Gebiet der Gaskampfstoffe aus Kriegszeiten vom Ministerium übernommen werden können, die derzeit verschlossen in der Bibliothek lagerten. Das Protokoll dieser Sitzung vermerkte ebenfalls, dass dieses Ministerium eine Weiterbeschäftigung des „nicht-arischen“ wissenschaftlichen Personals abgelehnt hatte.

76 MPG-Archiv, I. Abt. Rep. 1A Nr. 1210 Bl. 150. Schreiben vom Architekten der KWG, G. Schrank, an E. Telschow vom 6. Mai 1935.

niedrigen Betriebskosten und verfügte über eine bedeutend längere Lebensdauer. Ein ehrgeiziges Projekt verbarg sich hinter dem Bau des neuen Röntgenlaboratoriums für P. A. Thiessen, das nach zweijähriger Bauzeit im April 1939 fertiggestellt werden konnte. Die Kosten, die sich auf 656.000 RM beliefen, verschlangen alle Reserven⁷⁸ der KWG. Wenngleich E. Telschow hinsichtlich der Belastungen Bedenken angemeldet hatte, befürwortete C. Bosch die Weiterführung des Neubaus, indem die KWG die Vorfinanzierung übernehmen sollte.⁷⁹ Insgesamt fehlte aber dennoch ein Betrag in Höhe von 184.000 RM für apparate-technischen Einrichtungen (Hochspannungs- und Experimentieranlage, hierin war noch nicht die benötigte Gleichspannungsanlage enthalten). Wie prekär nach diesem Kraftakt die finanzielle Situation des Instituts und der KWG geworden war, belegen die Bemühungen der Generalverwaltung, die von Siemens & Halske gelieferte Experimentieranlage und die Begleichung der offenen Rechnung in Höhe von 58.000 RM zu stunden oder gar in eine Schenkung umzuwandeln.

Nach längeren Verhandlungen mit einem neuen Geldgeber, dem Reichswirtschaftsministerium (RWiM), erhielt das Institut einen weiteren Kredit in Höhe von 120.000 RM, wovon allerdings nur 49.600 RM in Anspruch genommen worden waren. Fortan hatte das Institut ein Treuhandinventar, ausgewiesen im Anlagevermögen.⁸⁰ Ansonsten beliefen sich die Verbindlichkeiten des Instituts gegenüber Dritten in der Vermögensübersicht vom 31. März 1945 auf rund 350.000 RM.⁸¹ In der Tabelle 3 sind die Geldgeber und deren Anteile an der Wissenschaftsförderung aufgelistet. Im abgehandelten Zeitabschnitt wurden 7.339.000 RM seitens der öffentlichen Hand zur Verfügung gestellt. Von privater Seite konnten 798.000 RM, das entspricht 10 v. H., nachgewiesen werden. Die Gesamtfinanzierung belief sich auf 8.137.000 RM. Davon waren rund 740.000 RM nicht bilanzierte Geldbeträge. Jene setzen sich wie folgt zusammen: aus den Stipendien des Haber-Fonds, überwiegend aus den Beiträgen der Koppel-Stiftung, aus den gesamten Geldsummen vom Heereswaffenamt, aus den kompletten Zuwendungen des Reichsamtes für Wirtschaftsausbau⁸², teilweise aus den

77 Finanziert aus Generalfonds der KWG und daher nicht bilanziert. Kosten: 46.000 RM.

78 Die KWG finanzierte 450.000 RM, wovon dem Haber-Fonds 400.000 RM entnommen worden sind.

79 MPG-Archiv, I. Abt. Rep. 1A Nr.1210 Bl. 188. Aktennotiz von E. Telschow am 13. 12. 1938.

80 Entsprechend den Vereinbarungen, blieben die vom RWiM finanzierten Ausrüstungen in dessen Eigentum.

81 Es könnte sich um die von der KWG getätigte Vorfinanzierung des neuen Röntgenlaboratoriums, abzüglich Ratentilgung handeln.

82 Finanzierte in der Hauptsache die Kunststoffabteilung von E. Jenckel. Ab 1939 auch als Gastabteilung bezeichnet. 1941 wurde diese verlegt bzw. aufgelöst.

Tabelle 3: *Die Geldgeber des Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie (in RM)*

1926/1932	Total	v. H.	öffentlich	v. H.	privat	v. H.
Reich/Preußen	2.227.000	85,0	2.227.000			
Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft	87.000	3,3			87.000	
Haberstipendien	105.000	4,0			105.000	
Koppel-Stiftung	98.000	3,7			98.000	
Sonstige ⁸³	65.000	2,5			65.000	
Rockefellerfoundation	40.000	1,5			40.000	
	2.622.000	100,0	2.227.000	85,0	395.000	15,0

1933/1944	Total	v. H.	öffentlich	v. H.	privat	v. H.
Reich/Preußen	4.658.000	84,5	4.658.000			
Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft	19.000	0,3			19.000	
Reichswehrministerium	123.000	2,2	123.000			
Heereswaffenamt/Oberkommando des Heeres	161.000	2,9	161.000			
Reichsamt für Wirtschaftsausbau	160.000	2,9	160.000			
Industrie	160.000	2,9			160.000	
Deutsche Forschungsgemeinschaft	121.000	2,2			121.000	
Rockefellerfoundation	9.000	0,2			9.000	
Verein Deutscher Ingenieure	8.000	0,1			8.000	
Amt für Deutsche Roh- und Werkstoffe	10.000	0,2	10.000			
Sonstige	86.000	1,6			86.000	
	5.515.000	100,0	5.112.000	92,3	403.000	7,7

Zuschüssen der I. G. Farben, aus den Beihilfen der Deutschen Forschungsgemeinschaft und aus Zuwendungen verschiedener Ministerien (Direktorengehalt, rund 15.000 RM/Jahr).

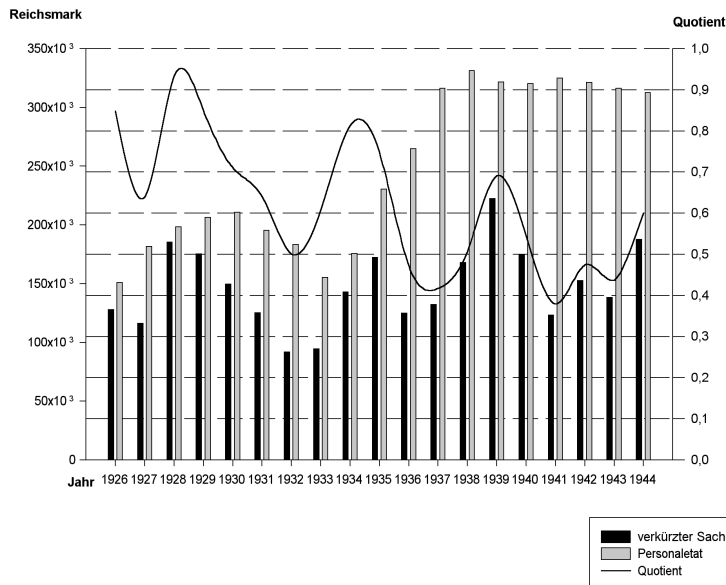
Es ist jedoch davon auszugehen, dass die rekonstruierte Summe der nicht bilanzierten Geldmittel eher zu niedrig ist. Denn für das Jahr 1935 liegen lediglich

83 Zinsen, Kursgewinn auf Wertpapiere, Mieten etc.

Hinweise, jedoch keine genannten Beträge, zur Teilfinanzierung dreier Abteilungsleiter durch andere Stellen vor. Das Oberkommando des Heeres (OKH) vergab spätestens ab diesem Zeitpunkt Zuwendungen in nicht nachweisbarer Höhe an das Institut. Konkrete Summen vom Oberkommando des Heeres oder Heereswaffenamt wurden indessen zum ersten Male 1938/39 benannt.

Der Institutshaushalt, *verkürzter Sach-* und *Personaletat* (gruppiertes Säulendiagramm) und der hieraus resultierende Quotient (Kurve) wird durch die Abbildung 4 dokumentiert.

Abbildung 4: *Das Verhältnis aus Sach- zum Personaletat am Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie*



Analog zum KWI für Chemie verringern sich zu Beginn der 1930er Jahre ebenfalls die absoluten Werte (Sach- und Personaletat). Der verkürzte Sachetat enthält zuzüglich die Summen aus dem General- oder Zentralfonds der KWG (Einrichtungs- und wissenschaftliches Inventar) sowie die Kosten des Treuhandinventars (Reichswirtschaftsministerium), die ansonsten nicht im Sachetat des Instituts ausgewiesen worden waren.⁸⁴ Die ab Mitte der 1930er ansteigende Kurve ist den

84 Die Ausgaben für das neue Röntgenlaboratorium (Gebäude und Hörsaal) wurden in den verkürzten Sachkosten nicht berücksichtigt.

Zugängen aus dem Apparatfonds⁸⁵ des Instituts geschuldet. Hierunter eine Drehstromhochspannungsanlage, deren Gegenwert auf rund 16.000 RM beziffert worden ist.

Dennoch zeigt der Quotient, vgl. Abbildung 4, insgesamt eine fallende Tendenz an - das Verhältnis verschob sich zugunsten des Personaletats. Die Personalkosten stiegen zunächst durch die Zunahme der Belegschaft vor allem ab dem Jahr 1937. Die Gefolgschaft erhöhte sich von 77 auf 98 und kletterte dann mit Kriegsbeginn auf den Bestand von 105 Mitarbeitern. Die Erhöhung der Personalausgaben ist gleichwohl auf gesetzliche Bestimmungen zur Stimulierung der Familien, wie jene zur Förderung der Jung-Ehen, den Zulagen für Ehepaare und auf Kinderzuschläge zurückzuführen. Ab 1938 erreichten die Aufwendungen für Personal ein relativ konstantes Niveau, obwohl vorübergehend mit Kriegsbeginn verschiedene Mitarbeiter zur Wehrmacht einberufen worden waren. Im ersten Kriegsjahr betraf der Kriegsdienst 16 und ein Jahr später 11 Angehörige der Forschungsanstalt. Für die zeitweilig zur Wehrmacht einberufenen Mitarbeiter zahlte das Institut nicht die vollständigen Gehälter. Entsprechend der familiären Situation wurden deren BruttoBezüge um 6, 10 oder um 20 v. H. gekürzt. Anstelle der Einberufenen, in der Hauptsache handelte es sich um wissenschaftlich ausgebildete Mitarbeiter, wurden ersatzweise neue Arbeitskräfte eingestellt (Angestellte/Lohnempfänger). Ab 1942 wurde aber dieser Trend wieder umgekehrt. Einsparungen im Personaletat erfolgten hiernach keine. Die Abbildung 5 verdeutlicht diesen Sachverhalt in den Finanzausgaben für wissenschaftliches Hilfspersonal in den Bilanzen (Titel B2) sowie für Angestellte und Lohnempfänger (Titel B3).

Abschlussbetrachtung

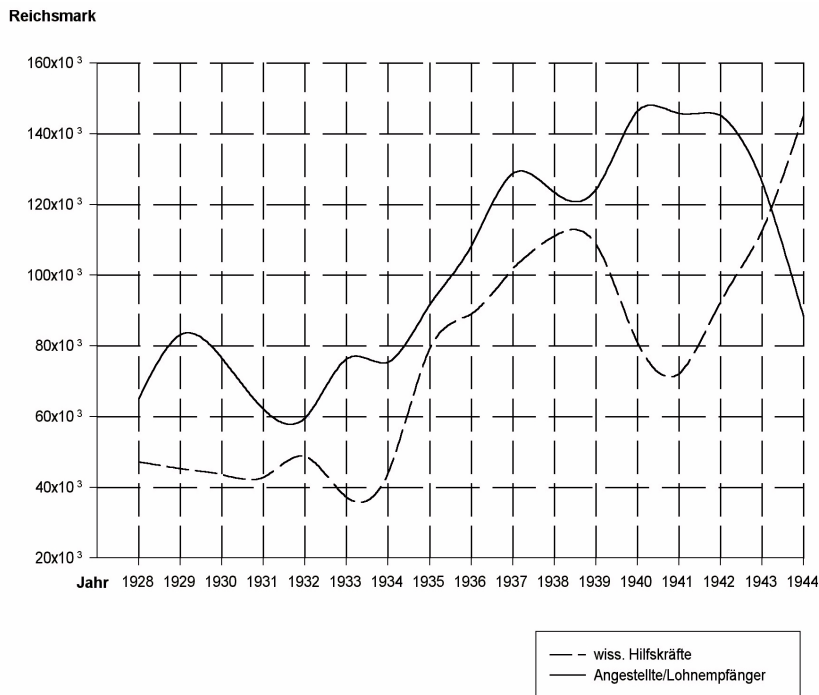
Diese vergleichende Studie zur Wissenschaftsfinanzierung unter der Beachtung des Verhältnisses von Sach- zum Personaletat am KWI für Chemie sowie am KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie folgt den Aufgabenstellungen:

- Die Rekonstruktion der kompletten Finanzströme entsprechend der Quellenlage.
- Die genauere Bestimmung des Sachetats als sogenannter *verkürzter Sachetat*.
- Der hieraus folgende Quotient als komparative Größe.

Die Quellen, Bilanzen und Berichte über den Rechnungsabschluss, verweisen auf keine geheimen Titel oder ominöse Bankverbindungen, obschon anfänglich in den Berichten des Rechnungsrevisors der KWG von Konten bei O. Hahn /

85 Rückerstattung aus dem Generalfonds der KWG für angeschaffte Apparaturen (30.000 RM) aus laufenden Mitteln des Instituts im Jahre 1933.

Abbildung 5: *Ausgaben für Personal am Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie*



L. Meitner, die nicht der Kontrolle unterlagen, die Rede war. Ähnliches betraf die Teilfinanzierung wissenschaftlichen Personals am Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie ab 1934/35. Um welche Geldbeträge es sich hierbei handelte, ließ sich nicht erhellern, so dass allenfalls viel Raum zum Spekulieren bleibt. Wird jedoch berücksichtigt, dass die Förderung der Wissenschaften an diesen beiden Instituten ein sehr holpriger Weg war, dürfte sich die Höhe jener ungenannt gebliebenen Summen für Personal- und Sachmittel sehr in Grenzen halten. Am KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie vollzog sich der Wechsel entgegen den ursprünglichen Gründungsvisionen zu einem ausschließlich öffentlich finanzierten Institut, hingegen das KWI für Chemie eine durchweg private Stiftung geblieben war.

Der Quotient ist unter Berücksichtigung der absoluten Werte ein Indikator für Forschungsgebiete mit einem großen Einsatz an wissenschaftlich-technischen

Ausrüstungen. Eine unbedingte Erhöhung des Quotienten ist jedoch nur im Zusammenhang mit dem Ansteigen der Sach- und Personalausgaben zu verzeichnen, wobei der Sachetat temporär ein größeres Wachstum aufweisen muss. Für das Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie gilt, dass der Quotient fallend war. Dieser Sachverhalt deutet an, dass an diesem Institut, im Gegensatz zum KWI für Chemie, keine apparate-technisch aufwendige Grundlagenforschung betrieben und/oder spätestens zu Beginn der 1940er nicht weiter verfolgt worden war.

WALTHER UMSTÄTTER

Knowledge Acquisition - Wissenserwerb

Es gibt nur ein einziges
Gut für den Menschen:
Die Wissenschaft.
Und nur ein einziges Übel:
Die Unwissenheit.

Sokrates

Wissen erfordert im Gegensatz zu Information einer Begründung, aus der heraus wir annehmen können, dass es zutreffend, verlässlich oder zumindest wahrscheinlich ist. Diese Begründung kann auf sehr verschiedenen Mechanismen beruhen, so kann es sich aus bereits vorhandenem Wissen logisch ableiten lassen, es kann auf zum Teil langjähriger eigener Erfahrung beruhen und es kann insbesondere in der Wissenschaft darauf beruhen, dass wir das Wissen von Kollegen, die für uns bereits ein gewisses Renommee besitzen, übernehmen. In gewisser Hinsicht hat diese Form des Wissenserwerbs etwas mit dem sogenannten Matthäus-Effekt zu tun. Wobei wir allerdings keinesfalls annehmen können, dass Publikationen, die oft zitiert werden, an Glaubwürdigkeit gewinnen. Im Gegenteil, oft zitierte Literatur zeichnet sich nicht selten dadurch aus, dass sie besonders umstritten und damit auch viel diskutiert ist. Der wahre „Matthäus-Effekt“ liegt vielmehr darin, dass Autoren mit wachsendem Publikationsaufkommen überproportional häufig zitiert werden. Während eine Publikation, die im Science Citation Index (SCI) erscheint, im Durchschnitt nur 1,2 mal zitiert wird, finden die Publikationen von Autoren, von denen 30 und mehr Aufsätze pro Jahr zitiert werden, eine Zitationsrate von etwa 2,2 Zitationen pro Aufsatz. Wir verdoppeln somit unser Aufmerksamkeit bei diesen produktiven Wissenschaftlern, auch wenn das nicht bedeuten muss, dass wir deren Wissen weniger kritisch begutachten.

Einleitung

Wissenschaftliche Bibliotheken waren schon immer die wichtigste Rationalisierungsmaßnahme in der Wissenschaft. Sie wurden durch die moderne Dokumentation, insbesondere durch die Online-Dokumentation, bei der Vermeidung von Doppelarbeit erheblich verbessert und zum Informationsmanagement weiterent-

wickelt. Dieses hat inzwischen, über die Dokumentation von Fakten- und Volltextbankenbanken hinaus, zum Knowledge Management mit Wissensbanken geführt, so dass sich zunehmend wissenschaftliche Bibliotheken als Knowledge Management Centers betrachten und auch so bezeichnen.

Die vorliegenden Betrachtungen gehen mit dem Wechsel von der Little Science zur Big Science einher, in der sich inzwischen die internationale Fließbandproduktion von Wissen im Internet etabliert.¹ Wissen ist ebenso wie Information unendlich, wenn es unendlich genau sein soll. Da wir aber ein solches unendlich exaktes Wissen nicht erwerben können, ist unser reales Wissen immer mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet, dafür aber endlich. In erster Näherung gilt: Je unschärfer unser Wissen ist, desto schwerer widerlegbar ist es auch. Im Extrem können wir unser Wissen in einem einzigen Bit zusammenfassen, wenn wir die gesamte Welt in das Sein (1) und das Nicht-Sein (0) einteilen. So umfassend dieses Wissen ist, so unscharf ist es gleichzeitig. Die Sicherheit für dieses Wissen ist selbstverständlich relativ hoch, da die Fehlermöglichkeiten auf ein Minimum reduziert sind. Wissenserwerb ist damit ebenso wie der Informationserwerb immer an Wahrscheinlichkeiten gebunden.

Knowledge Acquisition bedeutet die Einarbeitung eines neu erworbenen Wissens in das bereits vorhandene. Entsprechend dem mittleren Informationsgehalt ist der mittlere Gehalt an Wissen grundsätzlich dadurch bestimmt, wie weit eine Information vorhergesagt werden kann. Wenn wir beispielsweise Planetenbahnen vorausberechnen, so können wir unser Fernrohr zu einer bestimmten Zeit auf einen bestimmten Ort im Weltraum richten und wissen exakt, wann, mit welcher Geschwindigkeit und auf welcher Bahn der Planet durch unser optisches Feld wandert.

Bei genauer Betrachtung unterscheidet sich Wissenschaft von Forschung demgegenüber darin, dass die Ergebnisse dieser Forschung nicht in dieser Weise vorhersehbar sind. Forschung ist die Suche und die Publikation von Information, die bis zum Zeitpunkt der Entdeckung noch nicht publiziert wurde. Die Forschung erzeugt damit erst die Voraussetzung für die Wissenschaft, indem diese die neu entdeckten Informationen dann durch die Wissenschaft ihrer Begründung bzw. Falsifikation zuführt.

Dies gilt insbesondere für die Grundlagenforschung, bei der die Suche nach Informationen weitgehend der Intuition folgt. Im Bereich der angewandten For-

1 Umstätter, W., Die Nutzung des Internets zur Fließbandsproduktion von Wissen. - In: Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000. Hrsg. v. K. Fuchs-Kittowski / H. Parthey / W. Umstätter / R. Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. S. 179 - 199.

schung haben wir es dagegen meist mit Arealen zu tun, von denen wir schon wissen, dass sie ergebnisträchtig sind - wie die weißen Flecken auf Landkarten. Wissenschaft, und speziell die Big Science, die die Adolf von Harnack 1900 als „Großbetrieb der Wissenschaft, den das Zeitalter forderte“² bezeichnete, konzentriert sich heute in ganz ähnlicher Weise wie die angewandte Forschung mehr und mehr mit Vorhersagen, die die Wissenschaft aus ihrem bereits vorhandenen Wissen abzuleiten vermag.

Angewandte Wissenschaft konzentriert sich soweit als möglich auf Innovationsprozesse, die den gesamten Vorgang von der Entstehung einer Idee bis zu ihrer verbreiteten Anwendung in der Gesellschaft, im Sinne der National Science Foundation (NSF), umfasst. Diese Definition der Innovation durch die NSF entspricht im Prinzip der von A. Schumpeter (1883 - 1950), in der er schreibt: "... that is the process of finding economic application for the inventions...". Zum Vergleich dazu bemüht man sich in Japan, nach Imai, Masaaki, (*1930 -) weniger um Innovationen im Sinne revolutionärer Neuerungen, als vielmehr um das Kaizen, die kontinuierliche Verbesserung (jap. Kai = Veränderung, Wandel, Zen = zum Besseren). Kaizen ist dementsprechend der Weg der kleinen Schritte, im Gegensatz zur Innovation, dem Weg der großen Schritte. Beide, und dies wird oft vergessen, sind abhängig vom wissenschaftlichen Fortschritt, der sich gerade in der Big Science mit riesen Fortschritten voran bewegen kann. Es sei hier nur an die Innovationen des letzten Jahrhunderts auf der Basis der Informationstheorie, der Relativitätstheorie, der Biochemie, der Medizin, der Raketentechnik, etc. erinnert. Sie alle haben deutlich gemacht, dass jedes Problem, das wir lösen, nicht dazu führt, dass wir nun weniger Probleme hätten, sondern vielmehr dazu, dass wir danach noch größere Probleme zu erkennen und auch zu lösen vermögen. Das ist der Grund für die ungebrochene Verdopplungsrate der wissenschaftlichen Publikationen.

Wissenserwerb und Marktwert

So wie der finanzielle Wert von Informationen nichts mit der Messbarkeit in Bit zu tun hat, wird auch der Marktwert des Wissens durch Angebot und Nachfrage, und damit durch Geld bestimmt, und nicht durch die Menge an Wissen, die im Prinzip einer Informationskompression entspricht. Insofern ist die Nachfrage nach Wissen auch oft unabhängig von deren Qualität. Warenmärkte sind stark si-

2 Harnack, A. v.: Rede zur Zweihundertjahrfeier der Preußischen Akademie der Wissenschaften. - In: Wissenschaftspolitische Reden und Aufsätze / Adolf von Harnack. Zsgest. und hrsg. von B. Fabian. Hildesheim [u.a.]: Olms-Weidmann 2001. S. 193.

tuationsbedingt, wie bereits Shakespeare in seinem Trauerspiel „Richard III“ deutlich machte, als er den König ausrufen ließ: „mein Königreich für ein Pferd“. Großforschung bemüht sich daher, soweit das irgend möglich ist, marktgerecht Information und auch Wissen zu produzieren. Grundlagenwissenschaft kann dagegen nicht auf den Marktwert seiner Produkte achten. Wissenschaft hat aber ohnehin in erster Linie die Aufgabe auf die Qualität, die nur durch inhaltliche Prüfung und durch eine evidente Begründung gewährleistet ist, zu achten. In der Wissenschaft kommt es darauf an, aus einer Begründung heraus möglichst viel Information mit möglichst exakten Vorhersagen zu treffen. Diese Zuverlässigkeit und die Vorausschau machen einen großen Teil des Marktwertes von Wissen aus, wenn wir es über eine längere Zeit hinweg betrachten.

Bei der Akquisition von Wissen stellen die Bibliotheken zweifellos das größte Reservoir, aus dem wir beliebig schöpfen können, dar. Dieses Wissen können und dürfen wir im allgemeinen aber nur dann verwenden, wenn wir es auch auf seine Zuverlässigkeit geprüft haben. Trotzdem gehört es zu den wichtigsten Gepflogenheiten in der Wissenschaft, die Auswahl und den Erwerb des Wissens auf der Basis von Vertrauen zu stellen. Wir vertrauen in den allgemeinen Grundlagen zunächst unseren Lehren, die uns ein erstes Angebot dessen offerieren, was sie für wichtig, für erlernbar oder auch für unverzichtbar halten.

Im täglichen Wissenschaftsbetrieb müssen wir aber eigene Filter wirksam werden lassen, in dem wir das Angebot bestimmter Zeitschriften, bestimmter Verlage oder auch bestimmter Personen einer genaueren Überprüfung unterziehen. Der Science Citation Index (Philadelphia) gibt in diesem Zusammenhang bekanntlich keine Auskunft über die Qualität von Publikationen, er zeigt aber an, was man wissen muss, um mit der Fachwelt mitdiskutieren zu können. Er ist damit eines der wichtigsten Hilfsmittel zur Wissensakquisition aus dem publizierten Wissenspool dieser Welt, da ein großer Teil unseres Wissens auf Falsifikation beruht.

Die homonyme Bedeutung des Wortes Erwerb

Beim Wissenserwerb bzw. der acquisition of knowledge, müssen wir zunächst auf die homonyme Bedeutung des Wortes Erwerb achten.

Wissen kann im Sinne des Goethe-Wortes:

„Was du ererbt von deinen Vätern hast,
Erwirb es, um es zu besitzen.“
(Faust im Gespräch mit Wagner)

erworben werden. Es kann aber auch mit der völlig anderen finanziellen Vorstellung verbunden sein, auf die Papst Innozenz III. (-1160 - 1216) mit den Worten hinwies:

„Des Reichtums Erwerb ist mit Mühe und Arbeit verbunden,
sein Besitz von Furcht und sein Verlust von Schmerzen begleitet.
Immer ermüdet und beschwert er die Seele.“

Dazu gehört auch der Erwerb von Büchern, in denen Wissen enthalten ist, dessen Nutzungsrecht wir bezahlt haben, das aber noch nicht in unseren Besitz (im Sinne Goethes) übergegangen sein muss. Im juristischen Sinne erwerben Bibliotheken heute immer häufiger nur noch Nutzungs- bzw. Besitzrechte, ohne ein Eigentumsrecht, was für die Langzeitarchivierung nicht unproblematisch ist.

In Bibliotheken verstehen wir unter dem seit langem eingeführten Begriff Akquisition die Auswahl, Bestellung, Erwerbung und Einarbeitung von Bibliotheksmaterialien in den Bestand. Insofern müssen wir bei der Wissensakquisition auch die Auswahl dessen, was wir erwerben wollen und können, berücksichtigen. Hinzu kommt die Einarbeitung eines erworbenen Wissens in das bereits vorhandene Wissen.

Wissenserwerb und Wissensorganisation

In den meisten Fällen, und auch dies muss klar unterschieden werden, erwerben wir Informationen anstelle von Wissen, die wir in unser bereits vorhandenes Wissen einfügen. Wir folgen damit dem, was Alexander von Humboldt „ein frühes Ahnen“ nannte, das „dem späten Wissen voraus“ geht. Dieses Ahnen besteht bei genauer Betrachtung aus unserem bereits vorhandenen Wissen, das uns eine begrenzte Zahl an Möglichkeiten der Weiterentwicklung dieses Wissens anbietet. Innerhalb dieser Möglichkeiten suchen wir, oft unbewusst, Informationen, die diese Möglichkeiten in ihrer Wahrscheinlichkeit erhöhen oder vermindern. Insofern ist Wissen immer an bedingte Probabilitäten geknüpft. Wobei menschliches Suchen und Streben nach Wissen nicht selten von Intuitionen, von unter- bzw. unbewusst angelegten Vorstellungen oder auch von Gefühlen bestimmt wird. Einstein ging noch einen Schritt weiter, als er behauptete: „Phantasie ist wichtiger als Wissen.“, wobei wir hinzufügen müssen, beim Erwerb neuen Wissens. In diesem Bereich ist Wissenserwerb eine Frage von Begabung und kann nur soweit erlernt bzw. gelehrt werden, soweit wir uns diese Begabung auch bewusst machen können, um sie dann gezielt zu vermitteln. So betrachtet ist Wissenschaft auch eine Bewusstseinsfindung.

Bedenkt man, dass sich der mittlere Gehalt an Wissen grundsätzlich dadurch bestimmen lässt, wie weit bestimmte Informationen vorhersagbar sind,³ so können diese Informationsmengen sehr groß sein, weil unser Wissen einen weiten Bereich abzudecken vermag, aber auch deshalb, weil es einen kleinen Bereich mit sehr hoher Präzision beschreiben kann.

Information kann empfangen oder gesendet werden, Wissen dagegen, nur aus sich heraus wachsen. Es kann bei genauer Betrachtung nicht beliebig konstruiert, organisiert und auch nicht willkürlich strukturiert werden. Wissen organisiert sich ebenso wie das Leben aus sich selbst heraus. Hier handelt es sich somit um Selbstorganisation im eigentlichen Sinne, im Gegensatz zu einer Reihe von Erscheinungen, die als Selbstorganisation bezeichnet werden, aber oft nur Musterbildungen sind. Diese Aussage widerspricht nicht der Feststellung, dass auch Wissen in Form einer Datenübertragung gesendet und empfangen werden kann. Es muss aber auf der Empfängerseite wieder in ein selbstorganisierendes System inkorporiert werden.

Damit ergibt sich die Frage, wie wir Wachstum und Selbstorganisation definieren. Wachstum ist eine Erscheinung, in der ein System aus inneren Ursachen heraus eine Größenzunahme oder eine Umgestaltung vornimmt. Die Biologie unterscheidet daher bei lebenden Systemen zwischen Größen- und Differenzierungswachstum. Entsprechende Beobachtungen lassen sich aber auch an Kristallen, die wir nicht zu den lebenden Systemen zählen, bei sozialen Systemen und ebenso beim Wissen machen. Das Wissen der Welt, so wie es in den Bibliotheken gesammelt wird, wächst unaufhaltsam in seinem Umfang (Größenwachstum), aber auch in seiner permanenten Umgestaltung (Differenzierungswachstum), in der fehlerhafte Theorien, genauer gesagt Hypothesen, berichtigt, revidiert oder ergänzt werden.

Echte Selbstorganisation beobachten wir, nicht zufällig, auch nur in lebenden Systemen und bei der Entstehung von Wissen. Die Übertragung solcher Überlegungen auch auf gesellschaftliche Analogien liegt nahe, und ist auch durchaus mehr als nur eine Analogie, weil gesellschaftliche Systeme Erscheinungen wie Irritabilität, Metabolismus, Reproduktion und Wachstum in übertragenem Sinne aufweisen - Eigenschaften, die das Leben kennzeichnen. Insofern gibt es nicht nur das individuelle Wissen des Einzelindividuum, sondern auch ein Wissen im Sinne Poppers Welt 3.

Wenn wir Wissen als begründete Information definieren, so übernehmen wir eine althergebrachte Definition. So definiert Platon Wissen als „wahre, mit Begründung versehene Meinung“.⁴ Heute können wir die Definition allerdings auf

3 Umstätter, W., Die Messung von Wissen. - In: Nachrichten für Dok. 49(1998)(4). S. 221 - 224.

das Fundament der Informationstheorie stellen.⁵ Information ist hier nicht der Allerweltsbegriff, der teilweise bis zur Inhaltslosigkeit verkommen ist, sie unterscheidet sich eindeutig von Redundanz und Rauschen. Über das Rauschen können wir nichts wissen, weil es gerade dadurch definiert ist, dass es den unverständlichen Teil einer Nachricht enthält. Und Redundanz ist gerade der Teil einer Nachricht, mit dem eine Information begründet werden kann.

Zwei Eigenschaften zeichnen die Begründung aus:

1. die Redundanz, die zur jeweiligen Information gehört.
2. die Relationen, die die Informationen und ihre Redundanzen verbinden.

Damit wandelt die wiederholte Beobachtung des gleichen Phänomens, d.h. die Erfahrung, eine Information in Wissen. Außerdem kann Wissen neues Wissen erzeugen, indem es aus seiner inneren Logik heraus neue selbstorganisatorische Relationen hervorbringt.

Wissenserwerb in der Wissenschaft

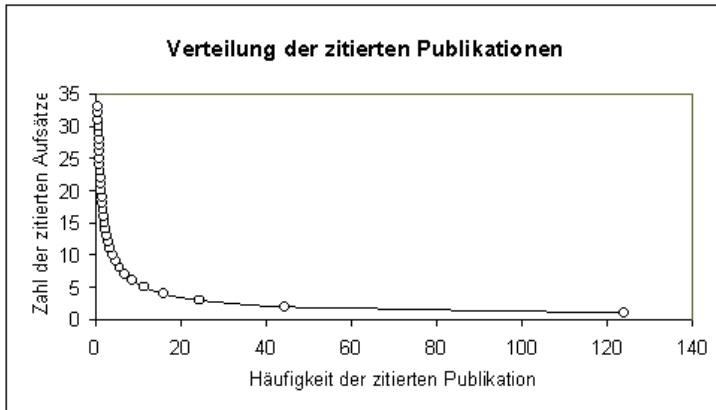
In der Wissenschaft beruht der größte Teil des Wissen, das wir erwerben, auf dem Vertrauen, das wir in die Kolleginnen und Kollegen setzen, weil wir nur einen Bruchteil, dessen was wir lesen, wirklich nachprüfen können. Dieses Vertrauen wird aber nicht blindlings gegeben, sondern beruht auf einem gewissen Renommee, das wir bestimmten Wissenschaftlern entgegenbringen. Wir studieren ihre Publikationen und prüfen sie damit auf ihre Qualität. Sobald wir dabei feststellen, dass diese Qualität ein bestimmtes Maß an Glaubwürdigkeit übersteigt, weil das Wissen dieser Autoren mit dem unseren in wesentlichen Punkten übereinstimmt, folgen wir weiteren Aussagen dieser Autoren in erhöhtem Maße. In gewisser Hinsicht hat diese Form des Wissenserwerbs etwas mit dem sogenannten Matthäus-Effekt zu tun. Wobei wir allerdings keinesfalls annehmen können, dass Publikationen die oft zitiert werden an Glaubwürdigkeit gewinnen. Im Gegenteil, sie zeichnen sich nicht selten dadurch aus, dass sie besonders umstritten und damit auch viel diskutiert sind. Der wahre „Matthäus-Effekt“ liegt vielmehr darin, dass Autoren, und nicht einzelne Publikationen von ihnen, mit wachsendem Publikationsaufkommen dieser Autoren überproportional häufig zitiert werden. Folgt man den Beobachtungen von de Solla Price (1963)⁶, so verteilt sich die Zahl an Publikationen pro Autor in charakteristischer Weise nach Lotkas ($1/x^2$)

4 Brockhaus Enzyklopädie. 19. Aufl. Mannheim: Brockhaus 1994. S. 277.

5 Umstätter, W.: Die Skalierung von Information, Wissen und Literatur. - In: Nachr. f. Dok. 43 (1992)4, S. 227 - 242.

6 Price, D.J. de Solla, Little Science - Big Science. New York: Columbia Univ. Press 1963.

Abbildung 1: *Hyperbolische Abnahme der Häufigkeit mit der Aufsätze zitiert werden.*



Funktion. Berücksichtigt man dagegen nur die Publikationen, die jährlich zitiert werden, so zeigt Abbildung 1 deutlich, dass dies einer hyperbolischen ($1/x$) Funktion entspricht. Damit wird deutlich, dass Autoren, die vergleichsweise wenig publizieren, seltener zitiert werden, als solche, die hohe Publikationszahlen haben. Diese Bevorzugung der Autoren mit zahlreichen Publikationen steigt gegenüber dem Lotkaschen Gesetz linear mit der Zahl an Publikationen an (vgl. Abb. 2b).

Wie die Abbildung 2a zeigt, werden die Arbeiten von Autoren, die im SCI über dreißig zitierte Publikationen pro Jahr (1999) hatten, doppelt so häufig zitiert, wie die von Autoren, von denen 1999 nur ein zitierter Aufsatz im SCI verzeichnet war. Dabei wurden immer zehn Werte zusammengefasst, um die Streuung zu dämpfen.

Auffällig ist dabei, gerade Autoren, die es erreicht haben, dass mehr als 1 Veröffentlichung von ihnen in einem Jahrgang des SCI zitiert werden, den größten Renommeezuwachs erfahren, während die Steigerung von der zwanzigsten zur dreißigsten Veröffentlichung nur noch geringfügig ist, und auch immer geringfügiger wird.

Der lineare Anstieg in Abbildung 2b macht also deutlich, dass der Matthäus-Effekt sich nicht, wie man annehmen sollte, auf bestimmte Publikationen auswirkt, aber durchaus auf die Autoren. Je bekannter ein Autor im Laufe der Zeit wird, desto wahrscheinlicher werden seine Publikationen zitiert. Das bedeutet aber auch, dass ein Aufsatz, der bekannt wird, dazu führt, dass andere Autoren, die auf dem gleichen Gebiet arbeiten, die Tätigkeit dieses Autors, der diesen Aufsatz schrieb, weiter verfolgen. Sie zitieren somit nicht das, was sie zitiert finden, wie es

Abbildung 2a: *Zunahme der Wahrscheinlichkeit, dass Arbeiten von Autoren mit mehreren Publikationen häufiger zitiert werden.*

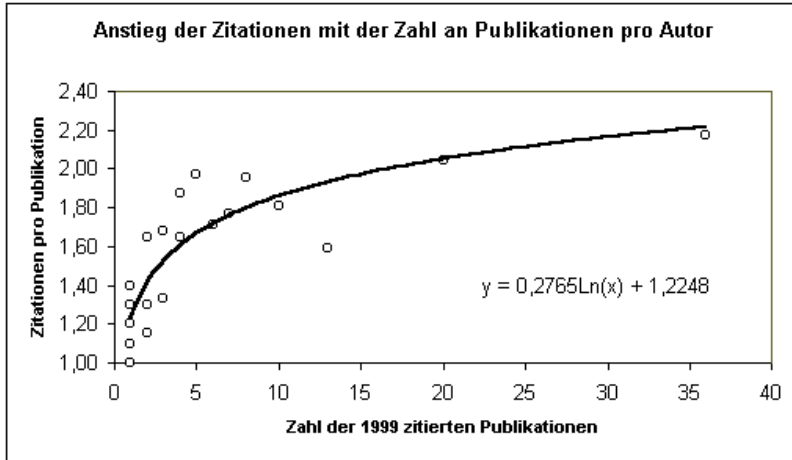
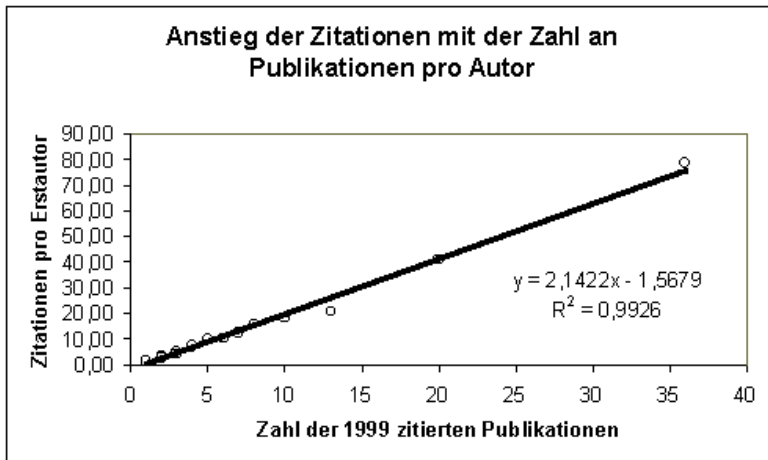


Abbildung 2b: *Bei der Multiplikation der Ordinatenwerte von Abbildung 2a mit den entsprechenden Abszissenwerten erkennt man, das sein Autor die Wahrscheinlichkeit zitiert zu werden mit jeder neuen*



der Matthäus-Effekt nahelegt, sondern das, was sich daraus wissenschaftlich weiter entwickelt. Wissenschaftler verfolgen also die Aktivitäten bekannter Autoren etwa doppelt so genau wie die der Neueinsteiger.

Wir akquirieren also durchaus das Wissen vorzugsweise von Personen, die uns bereits bekannt sind, womit keinesfalls gesagt ist, dass wir dieses Wissen ungeprüft übernehmen. Im Gegenteil, diese Autoren unterliegen nur unserer besonderen Aufmerksamkeit.

Diese Beobachtung deckt sich im Prinzip auch mit den Ergebnissen von M. Bonitz⁷, der den „Matthäus-Effekt“ für Länder seit 1994 wiederholt zeigen konnte. Dabei werden aber auch nicht bestimmte Publikationen aus den einzelnen Ländern herangezogen, die im Laufe der Zeit immer häufiger zitiert werden, vielmehr spiegelt das Ergebnis von Bonitz das Renommee dieser Länder in den Wissenschaftsdisziplinen wider, die im SCI berücksichtigt werden.

Der „Matthäus-Effekt“, bei dem man annehmen sollte, dass eine bestimmte Publikation mit zunehmender Zitation immer häufiger zitiert wird, weil immer mehr Leser davon Kenntnis bekommen, wird von der Uncitedness III⁸ kompensiert, weil allgemein bekannte Ergebnisse, wie z.B. die Evolutionstheorie Darwins, die Bestimmung von Zucker mit der Fehlingschen Lösung oder auch der Matthäus-Effekt oft nicht mehr im Original zitiert werden, man erwähnt sie mit zunehmendem Bekanntheitsgrad interessanterweise ohne Zitation. Darin liegt eine große Gefahr für die Wissenschaft, weil immer mehr Autoren solche, als Schlagwörter bekannte Theorien, verwenden, ohne sie wirklich zu kennen. Ein Musterbeispiel hierfür ist inzwischen die Informationstheorie, die in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts eine rasante Verbreitung über alle Fachdisziplinen hinweg erfuhr, oft auch unter Namensnennung von Shannon und Weaver, ohne dass die bezugnehmenden Autoren von dieser Theorie wirklich Kenntnis hatten.

Dies ist insbesondere daran erkennbar, dass Information immer wieder mit der Bedeutung von Zeichen verwechselt wird, obwohl Weaver⁹ auf diese Gefahr

- 7 Bonitz, M., Wird der Matthäus-Effekt in der Wissenschaft messbar bleiben? - In: Wissenschaft und Digitale Bibliothek. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998. Hrsg. v. K. Fuchs-Kittowski / H. Laitko / H. Parthey / W. Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. S. 231 - 237.
- 8 Umstätter, W., Bibliothekswissenschaft als Teil der Wissenschaftswissenschaft - unter dem Aspekt der Interdisziplinarität. - In: Interdisziplinarität - Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Hrsg. v. W. Umstätter / K.-F. Wessel. Bielefeld: Kleine Verlag 1999. S. 146 - 160.
- 9 Umstätter, W., Die evolutionsstrategische Entstehung von Wissen. - In: Fortschritte in der Wissensorganisation Band 2 (FW-2) Hrsg. Deutsche Sektion der Internationalen Gesellschaft für Wissensorganisation e.V. Frankfurt am Main: Indeks Verlag 1992. S. 1 - 11.

mit den Worten „In particular, information must not be confused with meaning“ eindeutig hingewiesen hat.¹⁰

Der Aufbau der Wissensakquisition auf der Informationstheorie ist von fundamentaler Bedeutung, weil wir nur so den Unterschied zwischen Information, Begrifflichkeit und Wissensorganisation¹¹ verstehen können.

10 Vgl.: Shannon, C. / Weaver, W., *The Mathematical Theory of Communication*, Illinois Books, edition (1963).

11 Umstätter, W., *Bibliothekswissenschaft als Teil der Wissenschaftswissenschaft - unter dem Aspekt der Interdisziplinarität*. - In: *Interdisziplinarität - Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler*. Hrsg. v. W. Umstätter / K.-F. Wessel. Erschienen in *Berliner Studien zur Wissenschaftsphilosophie & Humanontogenetik*. Kleine Verlag Bielefeld. S. 146 - 160.

KLAUS FUCHS-KITTOWSKI & TANKRED SCHEWE

Informationsverarbeitung, - recherche und - erzeugung in den Biowissenschaften

1. Einführung - Wissenschaft und Innovation - Biochemie/ Molekularbiologie und Bioinformatik

Das Thema unserer Tagung: „Wissenschaft und Innovation“ wird wohl gerade in diesen Tagen kaum deutlicher belegt als durch die innovativen Forschungsergebnisse der Biochemie/Molekularbiologie, in Verbindung mit der Informatik und der sich damit verstärkt herausbildenden Bioinformatik.

Die Entschlüsselung des Humangenoms zu Beginn dieses Jahres konnte nur mit Hilfe besonders leistungsfähiger Computer in Angriff genommen werden und die riesige Menge dabei gewonnener Informationen kann nur mit Hilfe komplexer Datenbanken verwaltet und interpretiert werden. Solche Problemstellungen verlangt nach Spezialisten, die über hervorragende Kenntnisse auf dem Gebiet der Biochemie/Molekularbiologie und der Informatik verfügen. Dies führte in jüngster Zeit zu einer verstärkten Entwicklung der Bioinformatik. Mit den biologischen Daten aus der Humangenomschlüsselung alleine ist es bekanntlich noch nicht viel getan. Die Sequenzierung, die Übersetzung der Erbinformation in eine Buchstabenfolge ist nur der erste Schritt. Biowissenschaftliche Forschungseinrichtungen, wie auch Biotech-Unternehmen stellen sich jetzt der außerordentlich schwierigen, möglicherweise langwierigen und sehr kostspieligen Forschungsaufgabe, aus den Daten der Sequenzierung auf Ursachen von Krankheiten zu schließen, um auf dieser Grundlage wiederum Therapien gegen schwere Erkrankungen entwickeln zu können. Auch hierbei kommt der Bioinformatik eine Schlüsselstellung zu. Die Bioinformatik verkörpert praktisch zwei bzw. mehrere innovative Technologien, die auf Ergebnissen der Grundlagen- und Angewandten Forschung beruhen und weitere Forschungen stimulieren. Diese Forschungen werden einerseits staatlich gefördert andererseits sind sie aufgrund der sich abzeichnenden Bedeutung der Forschungsergebnisse für die künftige Wirtschaft, für auf Gewinn orientierte Unternehmen von großem Interesse und werden daher auch von ihnen finanziert. So können wir gerade in dieser Woche im Wirtschaftsteil der Berliner Zeitung¹ lesen, dass der Berliner Pharmakonzern

Schering die Hälfte seiner Biotech-Tochter Metagen an die Beteiligungsfirma APEX verkauft. Der Preis von 42 Millionen Euro kommt dem Unternehmen als Startkapital zu. Metagen wird sich Schering zufolge auf die Entwicklung von Medikamenten für die Krebstherapie konzentrieren. Nach der erfolgreichen Entschlüsselung des menschlichen Genoms stehe nun die Umsetzung des Wissens in vermarktungsfähige Medikamente im Vordergrund. Metagen sei auf Grund seiner weltweit führenden Technologie beim Vergleich von Erbinformationen von Krebs- und Gesunden Gewebe in der Lage, neue Therapieansätze zu entwickeln.

Hiermit wird die von Heinrich Parthey im Einleitungsreferat² zu unserer Tagung vertretene These verdeutlicht, dass naturwissenschaftliche Anwendungsforschung, aber auch Grundlagenforschung, die zu „erfolgreichen, technologischen Innovationen zur Sicherung von Produktion und kulturellen Fortschritt“³, wie Günter Spur es in seinem Buch „Technologie und Management“ formuliert, führt, auch von der Wirtschaft zu refinanzieren ist. Dies soll und darf den Staat jedoch nicht aus seiner Verantwortung für eine entsprechende, großzügige Forschungsförderung entbinden. Das Spannungsfeld von Wissenschaft und Technik, Wirtschaft und Gesellschaft zu verstehen, die sich vollziehenden Wandlungsprozesse zu erkennen und zum Wohle der Menschen zu beeinflussen, ist damit deutlich auch eine unternehmerische Aufgabe, dies ist und bleibt aber eine wichtige Aufgabe der Politik, die für die Entwicklung von Wissenschaft und Technik zur Sicherung der Produktion sowie des sozialen und kulturellen Fortschritts eine besondere Verantwortung trägt.

Im Folgenden soll nur ein spezieller Problemkreis aus dem großen Problemfeld Biochemie/Molekularbiologie und Bioinformatik behandelt werden. Es geht speziell um neue Möglichkeiten der Biowissenschaften zur Informationsverarbeitung, -recherche und -erzeugung im Zusammenhang mit einer der entscheidenden technischen Innovationen unserer Tage - der Entwicklung des Internets. Dabei erlangt u. E. ein schon früh im Zuge der Entwicklung des Netzes geäußelter Gedanke - die Notwendigkeit von Informationszentralen - erneut Bedeutung. Denn es kann gezeigt werden, dass die Informationsrecherche eines semantischen feedbacks bedarf, wenn die Entstehung der Semantik im sozialen Prozess berücksichtigt werden muss.

- 1 Schering verkauft Metagen-Anteile, Berliner Zeitung, Nr. 68, Mittwoch, 21. März 2001.
- 2 Parthey, H., Formen von Institutionen der Wissenschaft und ihre Finanzierbarkeit durch Innovation. In diesem Jahrbuch.
- 3 Spur, G., Technologie und Management - Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaft. München-Wien: Carl Hanser Verlag 1998.

2. *Entwicklung der modernen Informations- und Kommunikationstechnologie*

Paradoxie der Informationsverarbeitung - Beherrschung großer Datenmengen

„Euch haben sie das Netz ums Haupt geworfen“⁴. Diese Feststellung von Friedrich Schiller im „Wilhelm Tell“ charakterisiert die gegenwärtige Situation in der Informatik, in Wissenschaft und Wirtschaft.⁵ Auch wenn Schiller diesen Satz in einem anderen Zusammenhang sagen lässt.

Kaum eine Innovation der letzten Jahre verdient eine so große Aufmerksamkeit wie die Entwicklung des Internets, geht es doch nicht nur um die Entwicklung der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien, sondern damit um die Entwicklung der Infrastruktur einer künftigen Informationsgesellschaft für alle.

Ohne die lokalen, regionalen sowie globalen digitalen Informations- und Kommunikationsnetze geht heute in der Wissenschaft und in der Wirtschaft nichts mehr. Die Bedeutung der digitalen Medien wird in Zukunft noch wesentlich wachsen. Sie wird in dem Maße zunehmen, wie Daten, Information und Wissen zu einem unverzichtbaren Allgemeingut und zu einem immer wichtigeren Wirtschaftsgut werden.

Denn mit dem Internet kann heute global eine Fülle an Daten und Informationen zur Verfügung gestellt werden.

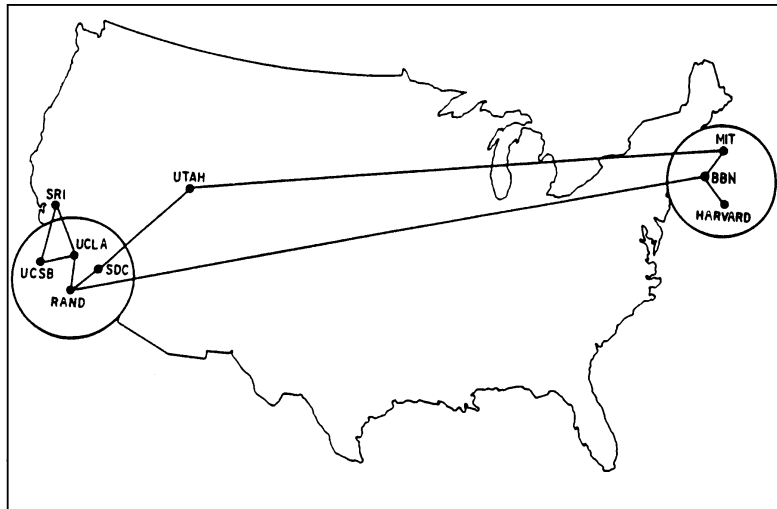
Mit dem Internet hat sich eine Revolution in der Informationsvermittlung vollzogen, die mit der Erfindung des Buchdrucks durch Gutenberg vergleichbar ist. Im ausgehenden 20. Jahrhundert und zu Beginn dieses neuen Jahrtausends sind wir in der Tat Zeugen einer weiteren technologischen Revolution, ohne dass wir schon ihre ganze Dynamik, die sie zur Veränderung des Wirtschafts- und Privatlebens entfaltet, voll überschauen könnten.

Ende der 60er Jahre wurde vom Militär der USA das sog. ARPAnet geschaffen, das die militärischen Computer untereinander vernetzte, vgl. Abbildung 1. Zu Beginn der 80er Jahre wurde dieses Netz immer mehr auch von Forschungseinrichtungen genutzt und der Betrieb des Netzes wurde der National Science Foundation der USA übertragen. Dies ermöglichte auch den schrittweisen Anschluss weiterer Länder an das Netz, vgl. Abbildung 2.

4 Schiller, F., Wilhelm Tell. In: Schillers Werke. Weimar: Volkerverlag 1958. S. 452.

5 Geihs, K., Chancen und Risiken von Kommunikationsnetzen. In: Neue Wege des Informationsmanagements in Banken - Chancen und Risiken von Kommunikationsnetzen - Internes Knowledge-Management, Neuntes Symposium des Informationsrings Kreditwirtschaft e.V., ik report, Band 9. Frankfurt am Main, Zürich 1996. S. 25

Abbildung 1: ARPANET, aus: Hauben, M. / Hauben, R., *Netizens - On The History and Impact of Usenet and the Internet*⁶



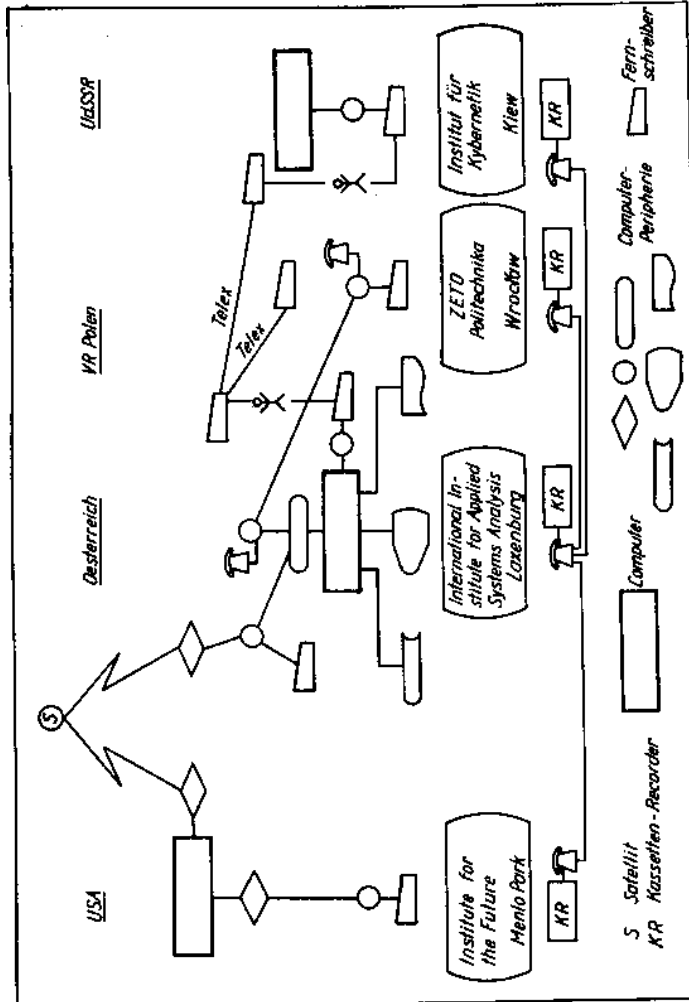
Manfred Bonitz publizierte ein ihm von G. M. Dobrov überlassenes Bild einer digitalen Vernetzung zwischen USA, Österreich, VR Polen und der UdSSR aus dem Internationalen Institut für Systemanalyse (IASA), vgl. Abbildung 2.⁷

An der Ausgestaltung und der weiteren gedanklichen Entwicklung war der Autor zu dieser Zeit durch die aktive Teilnahme an IASIA-Konferenzen bzw. Workshops⁸ sowie späteren Beratungen z.B. in Budapest und durch unsere Mitarbeit an der entsprechenden Hauptforschungsrichtung an der Akademie der Wissenschaften der DDR beteiligt.

Unser Referat auf dem IASIA-Workshop hatte den Titel: „Mensch-Maschine Kommunikation: Ein Problem der Verbindung von semantischer und syntakti-

- 6 Hauben, M. / Hauben, R., *Netizens - On the History and Impact of Usenet and the Internet*. Los Alamitos, California, Washington, Brussels, Tokyo: IEEE Computer Society Press 1997, S. 117.
- 7 Bonitz, M., *Wissenschaftliche Forschung und wissenschaftliche Information*. Berlin: Akademie-Verlag 1981, S. 147; Dobrov, G.M. / Rendolf, R.Ch. / Rauch, V.D., *Informacionnye seti dlja meshdunarodnykh kolektivnykh issledovanij*. Meshdun. forum inform dokum. 3(1978)3, S. 3 - 12.
- 8 Fuchs-Kittowski, K. / Lemgo, K. / Schuster, U. / Wenzlaff, B., *Man/Computer Communication: A Problem of Linking Semantic and Syntactic Information Processing*. - In: *Workshop on Data Communications*. International Institute for Applied Systems Analysis 2361 Laxenburg, Austria, September 16-19, 1975, CP-76-9. S. 169 - 188.

Abbildung 2: *Neue Kommunikationsformen zur Unterstützung internationaler kollektiver Forschung (nach G.M. Dobrov). Publiziert von Bonitz, M., Wissenschaftliche Forschung und wissenschaftliche Information. Berlin: Akademie-Verlag 1981. S. 147.*



scher Informationsverarbeitung“. Hier wurde verdeutlicht, was heute, mit dem Wissenstransferzyklus generell anerkannt wird, dass mit der Mensch-Maschine Interaktion maschinelle (syntaktische) und menschliche (semantische) zwei qualitativ voneinander unterschiedene Formen der Informationsverarbeitung miteinander kombiniert werden müssen. Es wurde dann weiter verdeutlicht, dass es

verschiedene Paradoxien der Informationsverarbeitung gibt u.a. das Paradoxon des Aufbaus und der Nutzung von Datenbeständen für die Problembearbeitung. Das Paradoxon der Beherrschung großer Datenmengen wurde in Folgendem gesehen:

„Die zunehmende Komplexität und der wachsende Umfang der Verantwortungsbereiche, die aus der gesellschaftlichen Entwicklung der Arbeitsteilung resultieren, erfordern die *inhaltliche Beherrschung* ständig größer werdender Datenmengen durch den einzelnen. Nachgewiesenermaßen versagt die menschliche Kapazität bei der Forderung nach detaillierter *semantischer Beherrschung* von Datenmengen ab einer bestimmten Größenordnung. ... Die Überschaubarkeit und damit Beherrschbarkeit von vielen Millionen Daten ist damit für den einzelnen Nutzer faktisch unmöglich (Paradoxie der Beherrschbarkeit großer Datenmengen)“.⁹

Zur Überwindung dieser u.a. Paradoxien der Informationsverarbeitung wäre ein indirekter Dialog, vermittelt über sog. Informationszentralen erforderlich. Zu dem Gedanken der Einrichtung von Informationszentralen zur Vermittlung zwischen Netz-Nutzer und dem digitalen Netz gab es Diskussion auf dem IIASA-Workshop und auch noch am folgenden Tag, im Shuttle von Wien nach Laxenburg. Einer der Pioniere¹⁰ der Netzentwicklung, Donald W. Davies aus Großbritannien, der den Begriff „packet switching“ eingeführt hatte, sprang plötzlich auf

9 Fuchs-Kittowski, K. / Kaiser, H. / Tschirschwitz, R. / Wenzlaff, B., Informatik und Automatisierung. Berlin: Akademie Verlag 1976, S. 384 ff.

10 Hauben, M. / Hauben, R., Netizen - On the History and Impact of Usenet and the Internet. Los Alamitos, California, Washington, Brussels, Tokyo: IEEE Computer Society Press 1997, S. 117.

Website - Eine andere Bezeichnung für ein Web, eine Webpräsenz, eine Angebot im Internet, einen Webserver.

Websites - Seiten auf einem Server, die aus HTML-Code bestehen und das WWW bilden.

vergl. Kruse, J., Electronic Commerce und Online-Marketing - Chancen, Risiken und Strategien. München, Wien: Carl Hanser Verlag 1999. S. 575.

Der oberflächliche Umgang mit den englischen Fachtermini bei der Übersetzung hat zu einer weit verbreiteten Sprachverwilderung des Deutschen geführt.

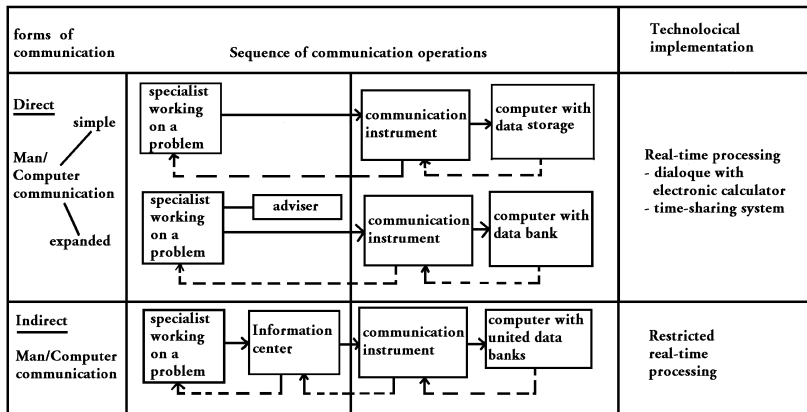
Zur „Web-Site“: Das englische web site bezieht sich darauf, dass sich die Information an einem bestimmten ORT im Informationsnetz befindet, der angeklickt werden muss, um sie zu lesen.

Dieser Prozess ähnelt natürlich im übertragenen Sinne dem Umblättern der Seiten eines Buches. Die Seite eines Buches ist im Englischen aber „page“ (siehe den Ausdruck Homepage, der gern verwendet wird). Solche gibt es durchaus auch im Web, d.h. Dokumente, die aus vielen Seiten bestehen (paginiert sind - eine Frage der Formatierung des Dokuments).

Das Dokument selbst ist aber nur auf einer website lokalisiert. Auch liegt die Besonderheit des Anklickens einer website gerade darin, dass auch Informationen aus einem völlig anderem Datensatz zugänglich werden - im übertragenem Sinne müsste man ein anderes Buch aus dem Regal nehmen und die entsprechende Seite aufschlagen.

und rief: „Sie haben recht, wenn einmal das technische Netz steht, werden die Informationszentralen das eigentliche Netz bilden!“, vgl. Abbildung 3.

Abbildung 3: *Man/Computer communication in (on-line) dialog operation*¹¹



Heute gibt es das Internet und es soll gezeigt werden, dass damit in der Tat die Bildung von Informationszentralen bzw. kompetenten Informationsgemeinschaften zur Bewertung von Informationen/Wissen bzw. der Websites verbunden sein muss.

Es sei noch ein Hinweis auf Aktivitäten in der damaligen Zeit erlaubt.

G. M. Dobrov, mit dem wir zusammen am Orgware-Konzept^{12, 13} arbeiteten und insbesondere der Projektleiter - Netzentwicklung im IIASA, A. Butrimenko, hatten mich darum gebeten, dass ich mich auch an der Ausarbeitung einer Studie zum „grenzüberschreitenden Datenaustausch“ beteilige. Grenzüberschreitender Datenaustausch ist heute in einer enger zusammengewachsenen Welt fast selbstverständlich. Damals war der grenzüberschreitende Datenaustausch jedoch auch

- 11 Fuchs-Kittowski, K. / Lemgo, K. / Schuster, U. / Wenzlaff, B., Man/Computer Communication: A Problem of Linking Semantic and Syntactic Information Processing. - In: Workshop on Data Communications. International Institute for Applied Systems Analysis 2361 Laxenburg, Austria, September 16-19, 1975, CP-76-9. S. 169 - 188.
- 12 Dobrov, G. M., Organisationstechnologie als Gegenstand der Systemanalyse. Teil 1: Grundsatzfragen und Teil 2: Aspekte und Ebenen der Organisationstechnologie. - In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe, (Berlin). 5 (1979), S. 613 - 622 und 675 - 684.
- 13 Fuchs-Kittowski, K., Wechselbeziehungen zwischen Automat und Gesellschaft - zu Strategien des Einsatzes der automatisierten Informationsverarbeitung als Rationalisierungs- und Erkenntnismittel. - In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe (Berlin). 5 (1979), S. 707 - 718.

für die westlichen Länder, z.B. aufgrund unterschiedlicher Preise, unterschiedlicher Hard- und Software, noch ein Problem. Vor allem galt es aber für uns, den Eisernen Vorhang zu überwinden. Die politische Zerrissenheit der damaligen Welt taucht in der Skizze von Dobrov nicht auf, aber die Überwindung des Eisernen Vorhangs vermittels dieses Wissenschaftsnetzes war deutlich ein wichtiges Ziel. Man bezog mich in die Studie ein, da ich als Beteiligter am Projekt „Modeling of Health Care Systems“¹⁴ über medizinische Daten aus der DDR verfügte. Dabei ging man von der Annahme aus, das solche Daten „neutral“ seien, vielleicht doch hin und her geschickt werden könnten. Beim ersten Anlauf stieg der polnische Vertreter auch dabei aus, denn man könne doch aus den medizinischen Daten auf die militärische Stärke des Landes schließen. So blieben für die ersten Versuche eines den „Eisernen Vorhang“ überschreitenden Datenflusses, nur die Literaturrecherche übrig. Woran sich die DDR, wie aus der Abbildung 2 ersichtlich, zu diesem Zeitpunkt noch nicht beteiligte. Weitere Auseinandersetzungen um die Beteiligung der DDR an dieser Netzentwicklung und -nutzung habe ich schon an anderer Stelle erwähnt.¹⁵ Das Netz unterstand damals eben doch noch überwiegend dem Militär, so dass alle Versuche eines den Eisernen Vorhang überschreitenden Datenflusses von beiden Seiten zurückgepfiffen wurden.

Was heute unter dem Begriff Internet, Information Highway oder Cyberspace als Infrastruktur einer globalen Informationsgesellschaft für alle diskutiert wird, existierte zu Beginn nur in einer einfachen Form, als ARPA-Net zu militärischen Zwecken und erst seit kurzer Zeit zum Zwecke des Wissenstransfer in der modernen Wissenschaft. Dies sei hier gesagt, damit man das Erreichte auch wirklich wertschätzen kann.

3. *Biochemisch-molekularbiologische Forschung und die Entwicklung von Hochleistungscomputern zur Unterstützung neuer Kommunikationsformen internationaler, kollektiver Forschung*

Mit dem Internet ist eine neue Qualität der unmittelbaren, technisch vermittelten Kommunikation realisiert worden, wie sie der Buchdruck nicht erreichen konnte.

- 14 Fuchs-Kittowski, K. / Gudermuth, P., Providing Data for the Management and Planning of Public Health. - In: Systems Modeling in Health Care - Proceedings of an IIASA Conference November 22-24, 1977. Hrsg. v. E.N. Shigan, Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis 1978, S. 300 - 313.
- 15 Fuchs-Kittowski, K., Digitale Medien und die Zukunft der Kultur wissenschaftlicher Tätigkeit. - In: Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung, Jahrbuch 1998. Hrsg. v. K. Fuchs-Kittowski / H. Laitko / H. Parthey / W. Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000 S. 9 - 66.

Zugleich wird deutlich, dass wissenschaftliche Kommunikation notwendigerweise das Bedürfnis nach wissenschaftlicher Information hervorruft. Dieses Bedürfnis zu befriedigen, gilt als Lösung des Problems der wissenschaftlichen Information.

So schreibt M. Bonitz:

„Dieses Problem ist vergleichbar mit den globalen Problemen der Gegenwart, wie der Deckung des Energie- und Rohstoffbedarfs oder der Erhaltung einer sauberen Umwelt für die rapide wachsende Erdbevölkerung. Für solche Probleme ist charakteristisch, dass wesentliche Parameter ein beschleunigtes Wachstum aufweisen: Energie- und Rohstoffbedarf, Umweltgefährdung usw.

Beim Problem der wissenschaftlichen Information sind es die Informationsmassive sowie die Anzahl der Wissenschaftler und der kommunikativen Verbindungen.“

Manfred Bonitz schreibt weiter:

„Wird bedacht, daß die großen Existenzprobleme der Menschheit zu ihrer Lösung aller Potenzen der Wissenschaft bedürfen, die Wissenschaft ihre Produktivkraft nur ganz entfalten kann, wenn ihr ein adäquates System der Wissenschaftlichen Kommunikation zur Verfügung steht, so folgt hieraus die Unaufschiebbarkeit der Anstrengungen zur Bewältigung des Problems der wissenschaftlichen Information.“

Und weiter heißt es:

„Für solche Probleme gilt weiterhin, dass sie an den Ländergrenzen nicht halt machen und dass Empfehlungen, welche die Wissenschaftler ausarbeiten, erst dann voll wirksam werden können, wenn ihre Realisierung im internationalen Maßstab erfolgt¹⁶.

Das Internet ist aus der Kultur wissenschaftlicher Tätigkeit an den Universitäten und Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen heute nicht mehr wegzudenken. Es ermöglicht den raschen Austausch dokumentierten Wissens zwischen den Wissenschaftlern sowie den Zugriff auf ein fast unendlich erscheinendes, globales Angebot an Informationen. Die Zugriffszeiten liegen dabei im Sekundenbereich. Es verschwinden in der Tat die Grenzen zwischen Ländern und Kontinenten. Dies ist eine revolutionäre Veränderung, deren Bedeutung man nur richtig würdigen kann, wenn man die jetzige Situation mit der in früheren Zeiten vergleicht. Technisch gesehen benötigte man für die Übermittlung von Informationen Tage und Wochen. Sozial gesehen, kommt es offensichtlich zu einem solchen Zusammenwachsen der Welt, bei dem ein „Eiserner Vorhang“ keinen Bestand mehr haben kann, ob sich dabei aber auch die Menschen wirklich näher kommen, verlangt wesentlich mehr, als nur die Bereitstellung einer technologischen Infrastruktur.

16 Bonitz, M., *Wissenschaftliche Forschung und wissenschaftliche Information*. Berlin: Akademie Verlag 1981. S. 143 - 144.

Trotz weltweiter Kommunikation kann es zu einer Verarmung menschlicher Beziehungen, zu einer Einschränkung des persönlichen Gesprächs zwischen den Menschen kommen, wenn es nicht gelingt, zeitgleich mit der Verbesserung der technologischen Infrastruktur und der damit gegebenen massenhaften Vermittlung dokumentierten Wissens auch die zwischenmenschliche Kommunikation und die Bedingungen für Kreativität zur Erzeugung neuen Wissens zu stärken. Telekooperationssysteme (wie Konferenzsysteme) sollen die kooperative Arbeit zwischen weit entfernten Wissenschaftlergruppen unterstützen, aber keinesfalls zu einer Einschränkung der unmittelbaren Kommunikation zwischen den Wissenschaftlern auf Konferenzen usw. führen.

3.1. Besonders leistungsfähige Informations- und Kommunikationstechnologie zur Entschlüsselung des Humangenoms

An der Entschlüsselung des Humangenoms waren leistungsstarke Gruppen in den USA, Großbritannien, Frankreich, Japan und Deutschland beteiligt.

Der wissenschaftliche Wert des Humangenom-Projekts wird gegenwärtig sehr kontrovers diskutiert. Die Einschätzungen bewegen sich vom Vergleich mit der Landung des ersten Menschen auf dem Mond bis zur Betrachtung als reines Prestigeobjekt, dessen finanzieller und personeller Aufwand nicht im Verhältnis zum erzielten Ergebnis stünde. Sicherlich hat jede der beiden Seiten in gewisser Hinsicht recht. Natürlich ist die *Entschlüsselung des menschlichen Genoms* ein bedeutender Meilenstein in der medizinischen Forschung, *der ohne die Revolution der Informationstechnologie nicht möglich gewesen wäre.*

Andererseits darf die Bedeutung dieser Leistung nicht überbewertet werden. Wie so oft in der wissenschaftlichen Forschung werden mit der Lösung eines Problems gleichzeitig neue Probleme aufgedeckt und Grenzen erkannt. *Der Umgang mit der nunmehr bekannten Struktur des Humangenoms birgt eine Reihe von Hindernissen in sich.* So besteht eine nicht zu unterschätzende individuelle Variabilität der Basensequenz, von der nicht immer leicht erkennbar ist, ob sie pathologische Konsequenzen hat oder nicht. Eine weitere Schwierigkeit ist die Tatsache, dass die Gene sowohl aminosäurekodierende als auch nicht kodierende Bereiche (Promotoren, Intron und andere nicht translatierte Regionen) enthalten und nicht in allen Fällen sicher zwischen kodierenden und nicht kodierenden Regionen unterschieden werden kann.

Die Optimisten sagen dagegen: Zwischen kodierenden und nicht kodierenden Sequenzen kann leicht unterschieden werden. Daher weiß man mit Sicherheit, dass mehr als 90% oder sogar 95% der 3 Mrd. Bausteine bzw. der Gesamtsequenz für kein Protein kodiert und auch kein Signal für Transkription und Trans-

lation enthält und möglicherweise nur die Bedeutung eines Vorratsspeichers für Nukleotide besitzt.

Hier wird also die Divergenz zwischen Genverfügbarkeit und Genexpression weniger problematisch gesehen. Genetische Information ist jedoch auf jeden Fall mehr, als ihre syntaktische Struktur - die DNA.¹⁷

Die Analyse der Gensequenz bei gesunden Menschen und bei Personen bzw. Embryonen, die an genetisch bedingten Krankheiten leiden oder später leiden werden, hat dazu geführt und wird weiterhin dazu führen, dass man z.B. mit pränataler DNA-Diagnostik einschätzen kann, ob das Kind hinsichtlich dieser Krankheit krank oder gesund sein wird. Zukünftig werden über den Rahmen von Erbkrankheiten hinaus Sequenzvergleiche verschiedene Aussagen über die Lebenserwartung oder das Risiko für bestimmte Krankheiten ermöglichen. Ein anderes Beispiel der Nützlichkeit ist in der Rechtsprechung der Vergleich von DNA-Sequenzen von kriminalistisch gesicherten Spuren und Verdächtigen.

So wichtig die Kenntnis der Struktur eines Gens auch ist, das angestrebte Ziel des Molekularbiologen ist es, aus der Struktur des Gens die *Struktur des Genprodukts*, des Proteins, vorherzusagen. Aus der Basensequenz ist lediglich die Primärstruktur, d.h. die Aminosäuresequenz, ableitbar. Die funktionellen Eigenschaften eines Proteins werden aber durch seine dreidimensionale Struktur bestimmt. Erst deren Kenntnis gestattet uns Einblicke in seine Wirkungsweise. Aufgrund thermodynamischer Triebkräfte wird die Raumstruktur eines Proteins durch seine Primärstruktur bestimmt; im Prozess der kotranslationalen Faltung der Peptidkette stellen sich die energetisch günstigsten Zustände ein. Diese jedoch richtig vorherzusagen, wird seit ca. 30 Jahren intensiv versucht – mit mäßigem Erfolg. Auch hier kann nur die Revolution der Informationstechnologie perspektivisch zum Durchbruch verhelfen. Gegenwärtig wird an der Entwicklung eines Hochleistungscomputers (*„Blue Gene“*) für die *Vorhersage der Proteinfaltung* gearbeitet, der voraussichtlich in fünf Jahren verfügbar sein soll. *Blue Gene* wird hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit alles bisherige an Computertechnik in den Schatten stellen. Er wird 500 mal schneller arbeiten als die derzeit leistungsstärksten Computer und 1000 mal schneller als *Deep Blue*, der 1997 den Schachweltmeister Gary Kasparov besiegte.

17 Rosenthal, H.A. / Fuchs-Kittowski, K., Genetische Information ist mehr als ihre syntaktische Struktur - die DNA. In: Ethik und Sozialwissenschaften - Streitforum für Erziehungskultur, Licus Verlag, Jg. 12/ 2001, Heft 1, S. 43 - 46.

3.2. Entschlüsselung des Humangenoms und computerisierte Speicherung und Auswertung der biologischer Informationen aus der Genomanalyse

Heute ist jede biochemische Forschung undenkbar, die sich nicht auch molekularbiologischer Techniken bedient. Andererseits ist mit der Identifizierung und Strukturaufklärung von Genen zugleich auch die Wirkungsweise der *Genprodukte*, d.h. der entsprechenden Eiweiße, aufzuklären. Letzteres ist aber Gegenstand der traditionellen Biochemie. Aus diesen Überlegungen heraus erscheint es heute sinnvoll, von einer gemeinsamen Fachdisziplin der Biochemie *und* Molekularbiologie zu sprechen.

Mit der wachsenden gegenseitigen Durchdringung von Biochemie und Molekularbiologie hat die Bedeutung von Datenbanken in der biochemischen Forschung zugenommen.

Mit welcher riesigen Informationsmasse dabei gearbeitet werden muss, wird am Beispiel des gegenwärtig intensiv bearbeiteten und viel diskutierten *humanen Genoms* deutlich. Die neuesten Daten (Nature) zeigen, dass der Mensch kaum mehr als 30.000 Gene hat.

Tabelle 1: *Erhöhung der Computerleistung für die Sequenzierung der DNA*

1. Genetische Informationsmenge des Menschen 3×10^9 bp (bp = Basenpaare)				
2. Menge der insgesamt in allen Datenbanken der Welt gespeicherte Informationsmenge für Viren, Bakterien, Pilze, Tiere und Menschen in bp:				
1987	1989	1992	2000	2001
10×10^6	30×10^6	70×10^6	100×10^6	
3. Sequenzierungsgeschwindigkeit pro Arbeitsplatz (Maschine) und Tag in bp				
	rohe Daten		fertige Sequenzen	
	20×10^3		3×10^2	
4. Informationszuwachsrate ab 1995/2000 (wurde auf der Basis zu erwartender wissenschaftlich-technischer Entwicklung geschätzt)				
	10^6 bp / Std.			
5. Zeitdauer der vollständigen Sequenzierung der DNA eines Probanden mit 3×10^9 bp (rohe Daten): in Tagen				
	1992	2000		
	10^5	10^2		

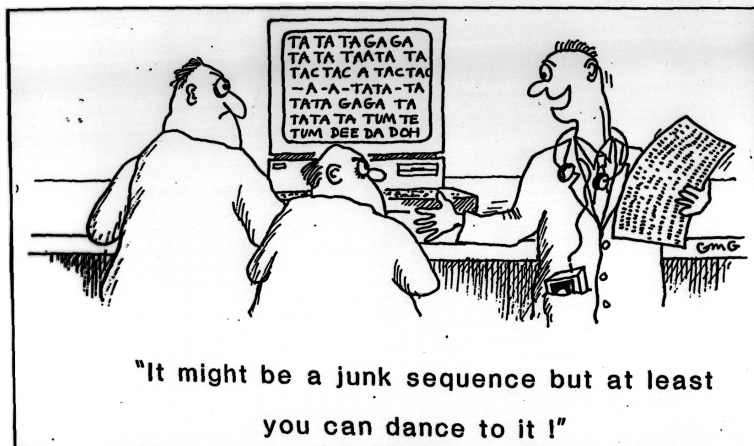
Die Analyse des menschlichen Genoms ist in den letzten Jahren enorm vorange-
trieben worden.

Die Informationsmengenwachstumsrate wurde noch mehr gesteigert, als in der Voraussicht vorhergesehen war, so dass nun das Projekt praktisch abgeschlossen werden konnte, vgl. Tabelle 1.

Durch ständige Verbesserung der Sequenzierungstechniken konnte innerhalb von 3 Jahren der Preis von 2 \$ pro Base auf 0,3 \$ pro Base gesenkt werden. Der größte Teil des Genoms - 90% - wurde inzwischen entziffert, für 10% gibt es noch eine Unsicherheit. Diese hochgenaue und fast vollständige Gesamtsequenz wurde bis 2003 erwartet, wurde aber aufgrund des hohen Drucks denen die Wissenschaftler ausgesetzt waren, schon jetzt erreicht.

Eine Tücke dieser gewaltigen Informationsmasse besteht darin, dass ein sehr großer Teil des Genoms anscheinend nicht zur Expression gelangt und wir deshalb die Funktionen dieser Abschnitte nicht kennen.

Abbildung 4: *Mit dem Scherz soll vermittelt werden, dass besonders große Datenmengen bewältigt werden müssen, um eine codierte Sequenz zu finden. (Nature)*



Unter den zur Expression gelangenden Genen sind für die medizinische Forschung in erster Linie diejenigen von Interesse, deren Ausfall oder Veränderung zu Erkrankungen führt. Mit den Methoden der modernen Gentechnologie können nämlich bislang als unheilbar geltende Erbkrankheiten in der Perspektive erfolgreich behandelt werden. Bisher sind lediglich ca. 500 bis 1000 solcher „Krankheitskeime“ beim Menschen bekannt. Daraus folgt, dass der medizinorientierte Biochemiker mit einem gewaltigen Überschuss an Information konfrontiert wird, aus dem er die für ihn relevante Information selektiv herausfil-

tern muss. Dies ist ohne die heutigen Mittel der Informationstechnologie kaum möglich. Dazu gehören Computer, das Internet, diverse Datenbanken sowie Softwarepakete, die die Daten miteinander verknüpfen.

Durch den Vergleich der Basen- bzw. Aminosäuresequenzen von Genen, Genabschnitten, Transkriptionsprodukten oder Polypeptiden mit den in Datenbanken gespeicherten Sequenzen bekannter Gene oder Genprodukte ist es möglich festzustellen, ob diese bereits bekannt sind, um sie dann entsprechend zuzuordnen. Sollte sich herausstellen, dass es sich um ein bisher unbekanntes Gen oder Genprodukt handelt, so ist für den Biochemiker von Interesse, mit welchen bereits bekannten Genen gewisse Ähnlichkeiten bestehen. Daraus können wichtige Schlussfolgerungen hinsichtlich der Evolution der Gene und ihrer Verwandtschaft gezogen werden.

In der Abbildung 5 wird speziell die Bedeutung des Computereinsatzes für die Sequenzanalyse sowie die Nutzung von Datenbanken für den Vergleich der Basen bzw. Aminosäuresequenzen mit den in Datenbanken gespeicherten Sequenzen bekannter Gene oder Genprodukte hingewiesen, (vgl. Kasten Experimentauswertung, Vergleich und Datenbanken). Damit wird die besondere Bedeutung der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien für den biochemischen/molekularbiologischen Forschungsprozess verdeutlicht und in den Gesamtprozess der Kultur wissenschaftlicher Tätigkeit auf diesen Gebieten eingeordnet.

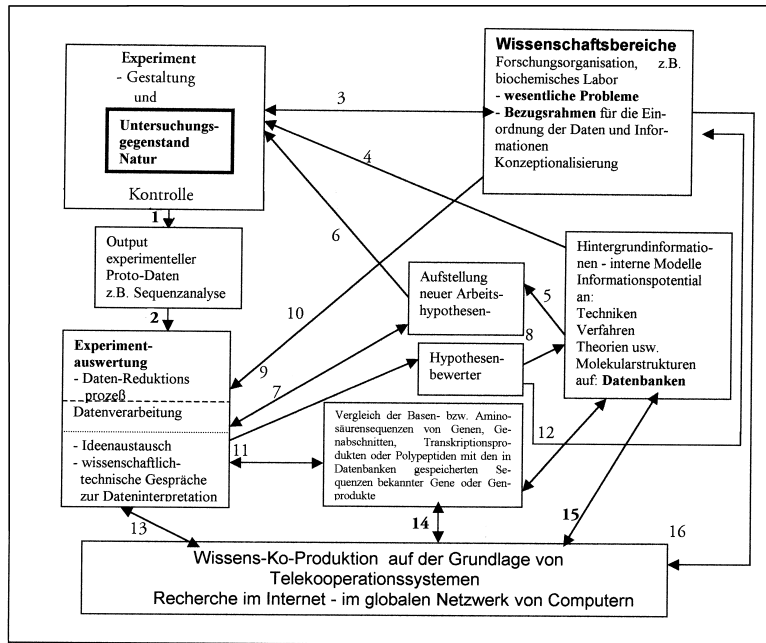
3.3. Der wissenschaftliche Forschungsprozess als Informations- und Kommunikationsprozess in der Wissenschaftsorganisation

Speziell unter dem Einfluss des Einsatzes moderner Informations- und Kommunikationstechnologien zur Unterstützung des wissenschaftlichen Forschungsprozess, wird dieser selbst als ein Informations- und Kommunikationsprozess in Organisationen der Wissenschaft verstanden. Unter dem Einfluss bestimmter erkenntnistheoretischer Positionen kann er dabei entweder auf ein reines Datenverarbeitungssystem reduziert werden, z.B. aus der Sicht des logischen Positivismen, oder er wird als ein Informationssystem verstanden, wobei jedoch immer noch von der sozialen Organisation abstrahiert wird, in dem er mit dem Informationssystem identifiziert wird.

Wie die Abbildung 5 zeigen soll, vollzieht sich der wissenschaftliche Forschungsprozess, mit seiner intensiven Unterstützung durch moderne Forschungsgeräte, leistungsfähige Computer und globale sowie lokale digitale Netze, in der sozialen Organisation der Wissenschaft. Dies bei der Frage nach der „Objektivität der Wissenschaft“¹⁸ zu berücksichtigen, bedeutet die Überwindung eines naiv-

realistischen Standpunktes, demzufolge eine Erfahrbarkeit der Realität „an sich“, unabhängig von sensorischen oder kognitiv bedingten Einflüssen des erkennenden Subjekts, möglich sei. Es muss aber nicht bedeuten, dass man in einen post-modernen Relativismus oder gar dem Solypzismus verfällt.

Abbildung 5: Struktur des experimentellen Forschungsprozesses



Legende zur Abbildung 5

Die Abbildung 5 zeigt den experimentellen Forschungsprozess in den Naturwissenschaften. Es zeigt die Beziehungen zwischen dem Bereich (der Welt) der bei einer experimentellen Untersuchung gewonnenen Daten (Tatsachen) und der wissenschaftlichen Beschreibung der Welt.

Die Pfeile geben die Richtung der Determinierung an.

Wäre das Wissenschaftssystem mit Pfeil 1 und 2 erschöpfend dargestellt, wäre die Beschreibung der Welt, im Sinne einer einfachen Widerspiegelung eindeutig vom Untersuchungsgegenstand allein bestimmt.

Mit der Überwindung des naiven Realismus, der letztlich unterstellt, dass man die Welt so erfasst wie sie ist, wurde klar, dass man die Aktivität des erkennenden Subjekts berücksichtigen muss. Dies bedeutet die Einsicht, dass wissenschaftliche Ergebnisse ihre wissenschaftliche Erklärung in dem sie hervorbringenden Prozess finden.

18 Mühlhölzer, F. Die Debatte um die Objektivität der Wissenschaft. - In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Berlin. 49 (2001)1, S. 151 - 166.

Daten können nicht unproblematisiert zu Hypothesenbildung- und -bestätigung oder Falsifizierung herangezogen werden. Denn bevor sie als Daten interpretierbar und reduzierbar sind und als empirischer Beweis gelten können, wurden Praktiken der Experimentgestaltung und -kontrolle, der Replikation, der wissenschaftlichen Argumentation und Kritik, als wesentliche Teile der wissenschaftlichen Methode angewendet (Pfeil 1).

Nun wird jedoch noch ein weiterer Schritt getan. Es wird mit dem Schema verdeutlicht, dass wissenschaftliche Erkenntnis nicht nur Ergebnis individueller Analysen und Einsichten in komplexe Zusammenhänge darstellt, sondern auch zu beachten ist, wie die wissenschaftliche Erkenntnis erzeugt wird.

Die Wissensproduktion bringt Wissensprodukte hervor. Diese Wissensprodukte sind nicht mehr nur in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand „Natur“ zu sehen. Die Wissensprodukte müssen auch in Bezug zu ihren Erzeugungsprozess gesehen werden. So erfährt die wissenschaftliche Tätigkeit, das Forschungshandeln, größeres Interesse. Der Untersuchungsgegenstand (das Objekt) aus der Natur wird im Labor mit bestimmten Organisationsbedingungen konfrontiert (Pfeil 3)¹⁹. Es ist ein wichtiger Unterschied ob z.B. Feldforschung im Sinne der Agrarwissenschaft durchgeführt oder ob diese abgelöst wird von der Laborarbeit bei der Biotechnologie. Dies führt zu einer Erhöhung der Macht des Forschers gegenüber dem Untersuchungsgegenstand. Hierbei spielen die Faktoren, wie die Verfügbarkeit, die schnellere Zugänglichkeit (Bereitstellung) von Wissen und Gerät, schnellere Durchführung der Untersuchungsprozesse sowie Wiederholbarkeit und Kontrollmöglichkeiten eine wichtige Rolle (Pfeil 4)²⁰. Die schnelle Bereitstellung von Techniken, Verfahren, Theorien und Hintergrundwissen über online Datenbanken wird für den experimentell arbeitenden Forscher zu einer wichtigen Stütze seiner Arbeit. Insbesondere kann das bereitgestellte Wissenspotential wesentlich die Aufstellung neuer Arbeitshypothesen unterstützen (Pfeil 5), die dann die Voraussetzung für neue experimentelle Anfragen an die Natur bilden (Pfeil 6)²¹. Grundlage für die Hypothesenbewertung und die Aufstellung neuer Hypothesen ist die Experimentauswertung, die speziell im wissenschaftlichen Gespräch im Laboratorium bzw. wissenschaftlichen Einrichtung erfolgt (Pfeile 7). Positiv bewertete Hypothesen werden ins Informationspotential aufgenommen und bei Bedarf zur Verfügung gestellt (Pfeil 8). Im wissenschaftlichen Dialog werden die Daten interpretiert, erfolgt die Hypothesen- und Theorienbildung (Pfeil 9). Die eigentliche Wissenserzeugung ist also eine Wissens-Co-Konstruktion. In einem experimentell arbeitenden Labor entwickelt sich eine entsprechende Gesprächskultur der wissenschaftlichen Arbeit.

Wir haben also auch hier die Kombination von syntaktischer und semantischer Informationsverarbeitung, wie sie in jedem Wissenstransferzyklus auftritt. Das Zusammenspiel zwischen den instrumentellen Formen syntaktischer Information und Kommunikation mit den menschlichen Formen des Forschungshandeln muss speziell untersucht und herausgearbeitet werden. Die Einbettung des instrumentellen Informations- und Kommunikationssystem in die soziale Organisation der Wissenschaft wird nochmals darin deutlich, dass nur die soziale Organisation, die wissenschaftlichen Gespräche im Labor, die kompetente wissenschaftliche Gemeinschaft, den Bezugsrahmen für die Einordnung der

- 19 Knorr-Cetina, K., *The Manufacture of Knowledge*. Oxford: Pergamon Press 1981; dt., *Die Fabrikation von Erkenntnis*. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1984.
- 20 Fuchs-Kittowski, K. / Parthey H., *Veränderung der Forschungssituation durch Entwicklung der Informationstechnologie*. - In: *Arbeitstagung Forschungstechnologie '87 Informationstechnologien als Teil der Forschungstechnologie in den experimentellen Wissenschaften*, Tagungsmaterial, Akademie der Wissenschaften der DDR, 1987.
- 21 Prigogine, I. / Stengers, I., *Dialog mit der Natur. Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens*. 2. Auflage. München, Zürich: R. Piper & Verlag 1981.

Daten, für die inhaltlichen Bestimmung der Daten und Informationen zur Erzeugung von Wissen liefern kann (Pfeil 10).

Moderne biochemische und molekularbiologische Forschung ist ohne den Einsatz moderner, sehr leistungsfähiger Informations- und Kommunikationstechnologie undenkbar. Wie das Beispiel der Entschlüsselung des Humangenom zeigt, kommen gerade auch aus dieser Forschung weitere Anforderungen die Leistungsfähigkeit der Rechner und Kommunikationsnetze noch zu steigern.

Benötigt werden Hochleistungscomputer wie Deep Blue oder künftig "Blue Gene".

Es ging und geht hier insbesondere um die Senkung der Zeitdauer für die Sequenzierung der DNA eines Probanden, es geht um die Möglichkeit des Vergleichs von Molekularstrukturen, es geht um einen schnellen und sicheren Zugriff auf die neuesten Forschungsinformationen (vgl. Pfeil 11 u. 12.)

Der Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien im Forschungsprozess steht heute in einem engen Zusammenhang mit dem Einsatz von Telekooperationssystemen zur Unterstützung kooperativer wissenschaftliche Arbeit (Wissens-Ko-Produktion) relativ unabhängig von Raum und Zeit sowie mit der Nutzung des Internets zur Bereitstellung wissenschaftlicher Informationen. (vgl. Pfeil 14 u. 15).

Eine naiv-realistische Erkenntnisposition wird in der heutigen Wissenschaftsphilosophie kaum noch vertreten. Sie gilt als überwunden. Moderne Erkenntnispositionen, wie der hypothetische Realismus der evolutionären Erkenntnistheorie oder eines konstruktiven Realismus, wie er hier vertreten werden soll, erkennen die aktive, konstruktive Leistung des erkennenden Subjekts an. Damit muss jedoch nicht bestimmten Übertreibungen in der Wissenschaftssoziologie gefolgt werden, nach denen das wissenschaftliche Ergebnis in der sozialen Organisation der Wissenschaft ausgehandelt würde, wie in der Politik. Wichtig und richtig ist jedoch u. E., dass die Bedeutungen unserer Begriffe mit denen wir an den Untersuchungsgegenstand herangehen, mit denen wir nach Literatur in online Datenbanken suchen, in einem sozialen Prozess, in der wissenschaftlichen Gemeinschaft, entstehen.

Mit Pfeil 16 soll daher nochmals, jetzt in Bezug auf die Recherche im Internet, hervorgehoben werden, dass die soziale Organisation, die kompetente wissenschaftliche Gemeinschaft, den Bezugsrahmen für die Einordnung der Daten liefert. Kein Informationssystem ist für sich selbst in der Lage diesen Bezugsrahmen zu erstellen.

In der gewöhnlichen Auffassung von der Wissenschaft wird die Welt der Natur als etwas von uns unberührtes (objektives) angesehen und die Wissenschaft als ein Versuch eine wörtliche Beschreibung dieser Welt (durch Protokollsätze) zu gewinnen. Diese Konzeption von der Wissenschaft entspricht den Vorstellungen eines naiven Realismus, der von einer reflektiven Beziehung zwischen der Welt und ihrer wissenschaftlichen Beschreibung ausgeht.

Eine solche Position impliziert, dass die Forschungstechnologie sowie andere intellektuelle Gegebenheiten bestimmte Bedingungen der Forschung darstellen, die der Gewinnung von Wissen förderlich sein können, aber nicht die Wissensinhalte beeinflussen. In Wirklichkeit gibt es keine Erkenntnis, keine wissenschaftlichen Inhalte, die nicht wesentlich von der sozialen Form des Forschungshandelns mit bestimmt sind.

Das was wir als „wirklich“ und „wahr“ bezeichnen, ist nicht allein vom Forschungsgegenstand determiniert, sondern auch von den theoretischen Konzepten, den Untersuchungsmethoden. Unser Wissen ist eine Konstruktion über die Welt. Erkenntnis ist also eine kulturell erzeugte Welt. Damit wird die Existenz ei-

ner vom Menschen unabhängig existierenden Realität nicht gelegnet. Es wird aber deutlich gemacht, dass wir zu ihr keinen Zugang außerhalb wissenschaftlicher Praktiken der Wissenserzeugung haben.

4. *Informationsrecherche im Internet*

Zu Beginn des neuen Jahrhunderts und Jahrtausends stehen wir auch an der Schwelle von der Industrie- zur Informations- und Wissensgesellschaft. Moderne Kommunikationsnetze mit Multimedia-Endgeräten stellen die technische Infrastruktur für eine solche Entwicklung dar. Für diese Infrastruktur wurden Begriffe wie, Information Highway, Cyber-Space oder Hyper-Space geprägt. Vielfältig und kontrovers sind die Erwartungen und Befürchtungen, die angesichts der Ambivalenz der Wirkungen moderner Informations- und Kommunikationstechnologien mit dieser technologischen Entwicklung verbunden werden.

Die neuen Anwendungen sind auf die Erhöhung der Lebensqualität für den Einzelnen und auf die Steigerung der Effektivität und Effizienz der Geschäftsprozesse gerichtet. Teleworking, Teleshopping, Online-Datenbanken sowie interaktive Teleunterhaltung sind dabei unser Arbeits- und Lebensweise wesentlich zu verändern.

Ein Problem, welches unzweifelhaft auf uns zukommen wird, ja uns heute schon sehr belastet, ist die *Informationsüberflutung*. Auf der einen Seite leiden wir unter dem Übermaß an angebotener Information, fehlt es an erforderlichen Mechanismen zur Filterung der Informationen, auf der anderen Seite sind wir oft nicht in der Lage, gezielt eine bestimmte Information wieder aufzufinden. Das Problem des Wiederauffindens von Informationen - des Information Retrieval - wird uns in Zukunft noch weit mehr beschäftigen. Wir brauchen leistungsfähige Werkzeuge zur Navigation, um in der Datenflut effektiv surfen zu können. Die Entwicklung des World Wide Web war ein wichtiger Schritt aber nicht die Lösung sondern erst der eigentliche Beginn des Problems. Insbesondere sind folgende technischen Probleme zu lösen:

- es bedarf schneller Kommunikationsnetze, um die großen Datenmengen zu übertragen,
- es bedarf leistungsfähiger Rechner, um die Daten verarbeiten und verteilen zu können,
- es bedarf leistungsfähiger Software, um die Komplexität der verteilten Umgebung zu bewältigen und dem Internet-Nutzer den Zugang zu erleichtern,

- es bedarf insbesondere neuer Methoden der Informationsrecherche im Internet. Hierbei auch Möglichkeiten der Website-Evaluation - der Bewertung der Informationsinhalte durch den Nutzer.

Das World Wide Web (WWW) wurde 1991 von dem Informatiker Tim Berners-Lee am Genfer Hochenergieforschungszentrum CERN zum Informationsaustausch zwischen Wissenschaftlern entwickelt.

Das World Wide Web im Internet ermöglicht den Zugriff auf multimediale Dokumente. Die Kommunikation ist hierbei also nicht auf die Übermittlung von Texten beschränkt, sondern es werden auch Sprach- und Videoinformationen übermittelt. Es ermöglicht eine einfache Textformatierung und die Einbindung von Grafik sowie den Verweis (Hyperlink) auf Dokumente, welche auf einem beliebigen Server im Internet liegen.

Es entstand die Auszeichnungssprache HTML (Hypertext Markup Language) und das neue Internet-Protokoll HTTP (Hypertext Transfer Protocol).

Aufgrund des Hypertext-Charakters wurde das ganze Projekt World Wide Web (weltweites Netz) genannt.

4.1. Die Ausmaße des Webs

Seither wächst das Web exponentiell.

Die Ausmaße des Webs sind heute etwa:

- Juli 2000: 2,1 Milliarden Websites,
- täglich kommen etwa 7 Millionen hinzu und
- Januar 2001 sollen es schon über 3,5 Milliarden Sites sein, wurde in einer Studie von Cyveillance ermittelt.

Das globale Wissen wäre nun nicht weiter entfernt als das nächste Computerterminal - wenn man es wirklich finden könnte.

Aufgrund dieses rapiden Wachstums hat das World Wide Web kaum eine Organisation noch eine Struktur.

Aufgrund der Tatsache, dass jedermann, aus jedem Land, mit beliebigen Hintergrund, in beliebiger Sprache eine Website schreiben kann, wird das WWW zu einem ständig wachsenden weltweiten „informationellen Müllhaufen“.

Den wachsenden „Informationsmüll“ zu filtern, wird daher immer wichtiger.

Die Informationsüberflutung zwingt dazu, relevante Information aus der Überfülle an Information zu selektieren. Das Informationsmanagement zur Gewinnung von Wissen aus den In- Beziehung gesetzten Informationen und speziell die Informationsrecherche ist eine grundlegende Anforderung an den Nutzer des Internets.

Um so erstaunlicher ist es, dass die bisherigen Suchdienste offensichtlich nicht in der Lage sind die Situation zu meistern:

Es ist keine vollständige Katalogisierung möglich, da:

- es keinen Zwang zur Registrierung gibt, um ein Dokument ins Web zu stellen,
- es kein einheitliches Klassifikationsschema gibt,
- jeden Tag neue Dokumente hinzu kommen,
- jeden Tag wieder Dokumente herausgenommen werden,
- jeden Tag Dokumente verändert werden und
- einige der Dokumente von dynamischer Natur sind.

Das Internet ist um ein Vielfaches größer als eine Suchmaschine bisher abdecken kann.

Selbst Google, der derzeit größte Internet-Index, hat gerade einmal, mit 1,25 Milliarden Seiten, die Hälfte der verfügbaren Seiten erfasst. Die beiden nächst größeren Indizes haben demnach gerade einmal 1/4 der verfügbaren Seiten (Ink-tomi und Webtop, über 500 Millionen) indiziert. Das bedeutet nicht, dass damit Google nicht auch jetzt den Wissenschaftler bei der Suche nach Informationen, zur Vorbereitung auf Konferenzen, bei der Suche nach für sie wichtiger Literatur wertvolle Hilfe leistet.

Dies haben auch die Betreiber von Suchmaschinen erkannt und deshalb arbeiten heute verschiedene Suchdienste zusammen z.B. Alleskar und Fireball.

Die riesige Größe des Internets macht deutlich, dass die Qualität der Seiten von den Suchmaschinen stärker bewertet werden muss. Spezielle Verzeichnisse (Portale) und kleine, spezialisierte Suchmaschinen werden daher an Bedeutung gewinnen.

In der Studie von Cyveillance wurden auch bestimmte Durchschnittswerte für Websites ermittelt:

- Durchschnittlich Größe einer Website: 10.060 Byte
- Durchschnittliche interne Links pro Seite: 23
- Durchschnittliche externe Links pro Seite: 5,6
- Durchschnittliche Anzahl von Bildern pro Seite: 14,4
- Anteil US-Websites: 84,7%
- Internationale Websites: 15,3%

Heute gibt es schon eine Dominanz des kommerziellen Web. Die kommerziellen Seiten machen 83% aus. Wissenschaft und Bildung dagegen nur 6%.

4.2. Die Webmap

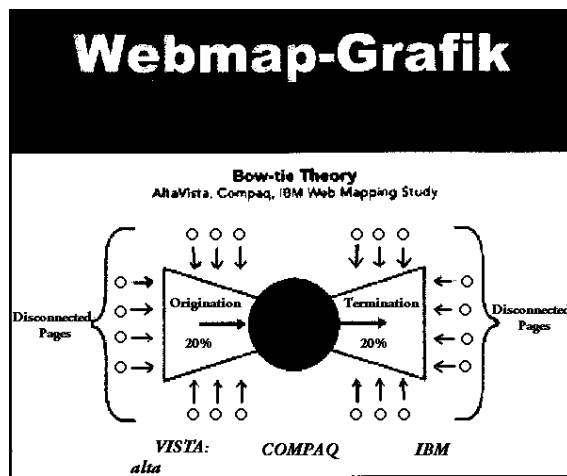
Eine Studie von Compaq, IBM und Alta Vista vom Mai 2000 zeigt den Betreibern von großen Suchmaschinen, dass es immer wichtiger für sie wird, das gesamte Web zu erfassen, denn nur so könnten sie ihre Kompetenz darstellen, vgl. Abbildung 6. Nur wer das ganze Web indiziert habe, könne im Wettbewerb bestehen.

Der gewonnene komplette Plan des WWW ergibt viele „tote Ecken“.

Es gibt vier Regionen mit verschiedenen Stufen der Verlinkung:

- Stark verknüpfter Kern - 39%
- Ursprung - 21%
- Abschluss - 19%
- Distanz - 14%

Abbildung 6: *Die Webmap - Ergebnis einer Studie von Alta Vista, Compaq und IBM*



Der neue Plan des WWW gibt der Forschung die Möglichkeit effektivere Suchtechniken zu entwickeln, die Pfade der Websites zu verfolgen und diese nicht abzuschneiden. Mit dem durch die Studie gewonnenen Verständnis der Webgeographie können die Websites-Betreiber die Position ihrer Suchmaschine stabilisieren oder auch erhöhen. Mit mehr richtigen Startpunkten können die Crawler mehr Seiten des gesamten Web's erfassen.

4.3. Suchdienste

Sucht man im World Wide Web nach Informationen, so geschieht dies unter zu Hilfenahme eines Suchdienstes.

Zur Suche im Web stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Suchmaschinen
2. Verzeichnisse
3. Metasuchmaschinen
4. Online-Datenbanken
5. Agenten
6. Spezialsuchmaschinen

Fast alle Suchdienste benutzen heute eine Kombination aus Verzeichnissen (Katalog) und Suchmaschine.

Was ist eine Suchmaschine?

Eine Suchmaschine ist ein interaktives Werkzeug zur Unterstützung des Menschen beim Auffinden von Informationen, die durch das World Wide Web (WWW) verfügbar sind.

Die Web Suchmaschinen sind Datenbasen, die Referenzen zu Tausenden von Ressourcen haben. Die Nutzer sind in der Lage mit den Datenbasen zu interagieren, indem sie Fragen stellen, wodurch die Datenbasen danach befragt werden, ob sie Ressourcen enthalten, die den entsprechenden Kriterien genügen.

Der Index wird automatisch durch Robots - die eigentlichen Datensammler erzeugt, auch Spider, Crawler oder Worm genannt, die durch das WWW „kriechen“ und die Daten zur Schaffung des Index zusammensuchen.

Diese Begriffe sind irreführend, da die Robots nicht durch das Internet hindurchkriechen, sondern wie ein normaler Browser die Seiten vom Webserver anfordern und anschließend automatisch auswerten.

Das Interface liefert dem Nutzer eine Formblatt, in das er einen „Suchbegriff“ - Zeichenkette - eingeben kann. Dies kann ein Wort oder eine Phrase oder ein Datum sein. Die Suchmaschine verarbeitet den Suchbegriff gegen die Datenbasis/Index und liefert eine Liste der Ressourcen die den Kriterien entsprechen und zeigt dem Internet-Nutzer das Ergebnis.

Es gibt zwei Möglichkeiten, wie Suchmaschinen zu indizierenden Websites gelangen:

- Die Website wird vom Website-Betreiber bei den Suchmaschinen angemeldet.
- Die Robots folgen den Links angemeldeter bzw. bereits indizierter Websites.

85% der Nutzer benutzen Suchmaschinen, 90% folgen Links aus Linklisten, jedoch auch aus Katalogen.

Das Internet ist also eine weltweite Informationsquelle, doch 44% der Internet-Nutzer sind mit der gegebenen Webnavigation und den vorhandenen Suchmaschinen unzufrieden. Die Tatsache, dass beinahe die Hälfte aller Nutzer unzufrieden ist, *verweist auf die Größe des Problems*.

Die Arten, in denen die verschiedenen Suchmaschinen die Daten auswerten und indizieren, unterscheiden sich wesentlich.

Jede Website kann im nicht sichtbaren Bereich einige Meta-Tags zur Beschreibung der Seite enthalten. Manche Suchmaschinen, wie Lycos, beachten diese Meta-Tags nicht, während die Angaben der Meta-Tags für andere Suchmaschinen besonders wichtig sind. Zum anderen unterscheiden sich die Suchmaschinen in der Anzahl der Worte, die ausgewertet werden. Manche indizieren die gesamte Website, während andere nur die ersten Worte oder Sätze auswerten.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Vorgehensweise werden Suchmaschinen in folgende Grundkategorien eingeteilt:

- Volltextsuchmaschinen
- Speichern von Meta-Daten als Verschlagwortung
- Speichern von Wort-Statistiken - Stichwortsuche.

Für die Wortstatistik wird jedes Schlüsselwort nur einmal abgelegt, zusammen mit der Information, wie oft es in der Website an bestimmten Stellen (Überschrift, Meta-Tags, Text) enthalten ist.

Verzeichnisse

Web-Verzeichnisse (Kataloge) erhalten ihre Informationen, indem die angemeldeten Seiten zumindest bei der Aufnahme in den Katalog, vom Menschen angesehen wird.

Dadurch ist der Umfang der indizierten Websites wesentlich kleiner als bei den Suchmaschinen. F. J. Davadason geht in seinem Vortrag: „On Searching the Web“²² davon aus, dass Verzeichnisse nur 1-2% der verfügbaren Websites indiziert haben.

22 Davadason, F.J., Präsentation: „On Searching the Web“, Siemens, DAAD, AIT Summer School, Conversion of Computing, Communication and Content, at the Asian Institute of Technology (AIT), Bangkok, 2000 (Lehrmaterial des Center for Library & Information Resources).

Meta-Suchmaschinen

Meta-Suchmaschine im WWW machen die Suche effizienter. Die Anfrage wird zentral eingegeben und das Ergebnis erhält man von multiplen Suchmaschinen. Die Meta-Suchmaschinen unterscheiden sich von anderen Suchmaschinen und Verzeichnissen:

- Die einzelne Suchmaschine und Verzeichnisse stellen eine Sammlung oder Datenbasis an Ressourcen zur Verfügung nach denen gefragt wird.
- Meta-Suchmaschinen besitzen keine eigene Datenbasis. Meta-Suchmaschinen geben eine an sie gestellte Anfrage an verschiedene Suchmaschinen und Verzeichnisse weiter, werten die Ergebnisse der einzelnen Suchmaschinen aus und fassen sie zu einer Ergebnisliste zusammen. Meta-Suchmaschinen realisieren also eine Dienstleistung durch die eine einzelne Anfrage an multiple Datenbasen geschickt werden. Damit steht ein größerer Datenbestand zur Verfügung, der mit einer Anfrage durchsucht werden kann.

Ein Meta-Sucher ist also eine Dienstleistung zur Auffindung Internetressourcen. Bekannte Suchmaschinen dieser Art sind u.a.: Apollo 7, Metacrawler, Metager.

Online-Datenbanken

Für die Informationssuche im Internet sind Online-Datenbanken in Form von Lexika und Nachschlagewerke, für die Wissenschaft auch insbesondere „Handbücher“ von besonderem Interesse, da man dort deutlicher die Spreu vom Weizen trennen kann und somit sicherer qualitativ hochwertige Informationen findet.

Der Inhalt von Online-Datenbanken und daraus generierte dynamische Webseiten werden jedoch von den Suchmaschinen nicht indiziert. Die wesentlichen Gründe dafür liegen in der schnellen Veränderung der Inhalte dieser Datenbanken und im Umfang dieser Datenbestände.

Zu solchen Online-Datenbanken gehören:

- Enzyklopädia Britannica
- Meyers Lexikon
- Weltchronic
- Wissen.de

Es gibt über 110 gebührenfreie Datenbanken im WWW.

Agenten

Unter Agenten im WWW versteht man eine neue Art von Suchdiensten. Wie der Name Agent schon zum Ausdruck bringt, soll die vom Anwender auf den Agen-

ten delegierte Suchfrage autonom und zufriedenstellend erfüllt werden. Solche Suchagenten sollen in der Lage sein, den Auftrag anzunehmen und die im WWW verfügbaren Daten zu interpretieren, um sie dem Auftrag entsprechend bereitzustellen. Sie sollen darüber hinaus auch lernfähig sein, so dass durch die gesammelten Erfahrungen immer treffsicherere Ergebnisse geliefert werden.

Es wird zwischen allgemeinen, spezialisierten und Meta-Suchagenten unterschieden.

Welche der Suchmaschinen, Meta-Suchmaschinen, Agenten oder Meta-Suchagenten unterschiedlicher Leistungsfähigkeit auch immer zum Einsatz kommen werden, wird man bestimmte erkenntnistheoretische und anthropologische Gesichtspunkte und insbesondere Erkenntnisse aus der Kybernetik 2. Ordnung, der hier entwickelten Biologie der Erkenntnis und Wissenskonstruktion berücksichtigen müssen.

5. Informationsrecherche auf der Grundlage spezifischer Datenbanken (im Internet) und die Biowissenschaften

Biochemie und Molekularbiologie sind zunehmend miteinander verflochten und bilden eine gemeinsame Fachdisziplin.²³ Durch die Einbeziehung von Datenbanken und anderen Mitteln der Informationstechnologie hat der interdisziplinäre und integrale Charakter der biochemisch-molekularbiologischen Forschung zugenommen. Auf diese Weise sind grundlegende Entdeckungen nicht mehr allein den Spezialisten vorbehalten. Dies wird am Beispiel der kürzlichen Entdeckung einer neuen Gruppe von entzündungshemmenden Arzneimitteln belegt.

Dieses konkrete Beispiel aus einem Arbeitsgebiet der Biochemie - der Eikosanoidforschung - zeigt, wie durch die Einbeziehung von modernen Datenbanken neue Erkenntnisse erzielt wurden, die mit der traditionellen Herangehensweise in der Forschung nicht möglich gewesen wären. Dieses Beispiel ist die Entdeckung der Cyklooxygenase-2 als Basis für die Entwicklung einer neuen Gruppe von Arzneimitteln.

Sprechen wir von Informationsrecherchen auf der Grundlage spezifischer Datenbanken, dann soll hier das medizinische Literatursuchsystem *PubMed* besonders hervorgehoben werden. Mit seiner Hilfe ist es für den medizinischen Biochemiker möglich geworden, mit der gewaltigen und ständig wachsenden Flut an

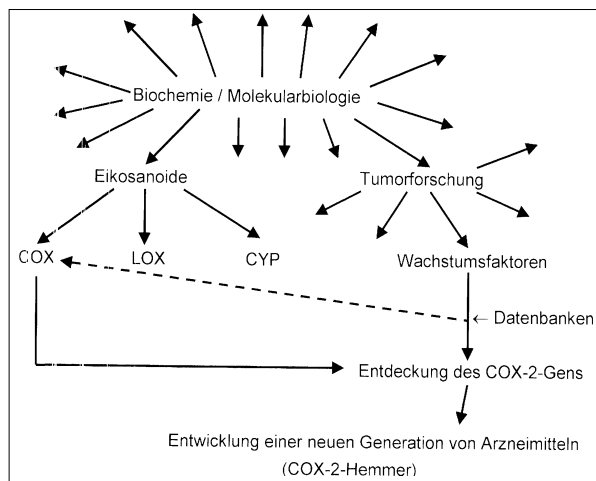
23 Schewe, T., Neue Horizonte der biochemisch-molekularbiologischen Forschung im Lichte der Revolution der Informationstechnologie zur Jahrtausendwende. In: Stufen zur Informationsgesellschaft für alle. Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Hrsg. v. Chr. Floyd / W. Hofkirchner / C. Fuchs. Frankfurt a.M.: Peterlang-Verlag 2002, im Druck.

Literatur sinnvoll umzugehen. Durch geschickte Wahl geeigneter Schlüsselwörter können mit geringem Aufwand die relevanten Quellen schnell und weitgehend vollständig herausgefiltert werden. Damit ist es für den Wissenschaftler auch erheblich leichter, sich in neue Gebiete, mit denen er sich zuvor überhaupt nicht beschäftigt hat, schnell einzulesen.

5.1. Die Entdeckungsgeschichte der *Cyklooxygenase-2*

Während vor der gegenwärtigen Revolution der Informationstechnologie neue Entdeckungen den Spezialisten vorbehalten blieben, die sich Jahre und nicht selten Jahrzehnte lang mit ein und demselben Gebiet beschäftigten, ist es heute möglich geworden, dass fundamentale Entdeckungen von Wissenschaftlern gemacht werden, die ursprünglich auf einem völlig anderen Gebiet tätig waren. In Anbetracht des ständig wachsenden Wissens und der fortschreitenden Differenzierung der biochemisch-molekularbiologischen Forschung in immer mehr Spezialgebiete, erscheint diese Entwicklung auf dem ersten Blick paradox. Die Erklärung für diesen Widerspruch liegt in der Vernetzung des Wissens über Datenbanken. Diese Situation ist in der Abbildung 7 schematisch dargestellt.

Abbildung 7: *Spezialrichtungen der Biochemie / Molekularbiologie und Wechselwirkung zweier dieser Richtungen über Datenbanken bei einer Arzneimittelentwicklung*



Die Pfeile sollen die Vielzahl von Einzelgebieten der Biochemie/Molekularbiologie veranschaulichen, auf die sich einzelne Gruppen von Wissenschaftlern spezia-

lisiert haben und denen sich zum Teil spezielle Fachzeitschriften widmen. Zwei dieser Gebiete sollen beispielhaft herausgegriffen werden, die Eikosanoide und die Wachstumsfaktoren, da sie für die Entwicklung einer neuen Gruppe von entzündungshemmenden Arzneimitteln, den sog. COX-2-Hemmern, in Verbindung mit der Informationstechnologie eine entscheidende Rolle spielt.

Eikosanoide sind Oxygenierungsprodukte mehrfach ungesättigter Fettsäuren mit 20 Kohlenstoffatomen, insbesondere der Arachidonsäure. Am längsten bekannt sind die Prostaglandine, die aber nicht nur in der Samenflüssigkeit vorkommen, wo sie zuerst nachgewiesen wurden, sondern im Organismus weit verbreitet sind und dort in niedrigen Konzentrationen vielfältige biologisch-regulatorische Funktionen ausüben. Außer den Prostaglandinen sind heute eine Reihe weiterer Gruppen von biologisch aktiven Eikosanoiden bekannt, die sich hinsichtlich ihres biochemischen Bildungswegs unterscheiden. Entsprechend der Natur des Enzyms der Fettsäureoxygenierung unterscheiden wir drei Hauptgruppen von Eikosanoiden, die *Cyklooxygenaseprodukte* (COX), die *Lipoxygenaseprodukte* (LOX) und die *Cytochrom P-450-Produkte* (CYP). Die Eikosanoide haben ein besonderes Interesse der medizinischen Forschung erlangt, da sie neben ihren physiologischen Funktionen auch für die pathologischen Vorgänge bei Entzündungen, Asthma und anderen Erkrankungen eine wichtige Vermittlerrolle spielen. So stellte sich heraus, dass das seit mehr als 100 Jahren bekannte *Aspirin* (Acetylsalicylsäure) ein Hemmstoff der Cyklooxygenase und damit der Prostaglandinsynthese ist. Im Zuge der Eikosanoidforschung wurden weitere COX-hemmende Arzneimittel entwickelt (z.B. Indomethacin, Diclofenac, Naproxen, Ibuprofen, Phenylbutazon u.a.), für die der Sammelbegriff NSAID (non-steroidal antiinflammatory drugs) eingeführt wurde, da sie für den Arzt eine Alternative zu den entzündungshemmenden Steroidhormonen (Prednisolon, Dexamethazon u.a.) bildeten, die bei den Patienten unerwünschte Nebenwirkungen verursachen können. Leider stellte sich aber heraus, dass die NSAID ebenfalls Nebenwirkungen ausüben, allerdings andere als die Steroide. So führt der fortwährende Gebrauch von Aspirin nicht selten zu Magengeschwüren und zu Schädigungen der Nieren. Dies erklärt sich aus der fehlenden Selektivität der „klassischen“ COX-Hemmer, indem sie nicht nur die Entzündungsphänomene wie den Schmerz unterdrücken, sondern auch die physiologisch wichtigen regulatorischen Funktionen der Prostaglandine, zu denen u.a. der Schutz der Magenschleimhaut und die Beteiligung an der Nierenfunktion gehören. Die Eikosanoidspezialisten suchten deshalb gezielt nach den „*NSAID zweiter Generation*“, die diese Nebenwirkungen nicht ausüben – lange Zeit allerdings ohne Erfolg. Der entscheidende Anstoß für den Durchbruch kam kurioserweise aus einem völlig anderen Forschungsgebiet.

Wachstumsfaktoren sind spezifische Proteine (Polypeptide), die wie die Eikosa-noide wichtige Zellfunktionen regulieren, sich aber von den aus Fettsäuren stam-menden Eikosanoiden strukturell grundlegend unterscheiden. Neben essentiellen physiologischen Funktionen spielen bestimmte Wachstumsfaktoren auch eine Rolle beim Tumorwachstum. Daher erweckten sie verständlicherweise das besonde-re Interesse der *Krebsforscher*. Wie andere Gebiete der Biochemie bedient sich auch die Forschung über Wachstumshormone zunehmend molekularbiologischer Techniken und Vorgehensweisen. So lag es nahe, den Einfluss von Wachstums-faktoren auf die Genexpression in Tumorzellen zu untersuchen. Solche Forschun-gen wurden auch von der Arbeitsgruppe um *Harvey Herschman* von der University of California in Los Angeles betrieben. Um 1990 stellte diese Gruppe fest, dass die Behandlung bestimmter Tumorzellen mit einem solchen Wachs-tumsfaktor oder Verbindungen, die dessen Wirkung simulieren, zur Expression von ca. 10 zusätzlichen Genen führte, die in unbehandelten Zellen nicht auftrat. Mit den üblichen Methoden der Molekularbiologie wurde eines dieser Transkrip-tionsprodukte isoliert und dessen Basensequenz bestimmt. Diese wurde mit den in Datenbanken gespeicherten Sequenzen bekannter Gene verglichen. Es stellte sich heraus, dass das durch dieses Gen kodierte Protein bis dahin unbekannt war, aber eine verblüffend hohe Ähnlichkeit mit einem anderen schon bekannten Pro-tein aufwies, der Cyklooxygenase (COX). Der Arbeitsgruppenleiter gestand in ein-
em 1997 in Berlin-Steglitz gehaltenen Vortrag, dass er nach Erhalt dieser Infor-mation aus der Datenbank in ein Lehrbuch der Biochemie schauen musste, was die Cyklooxygenase eigentlich ist und welche Funktionen sie hat. Die nachfolgen-
den Untersuchungen seines Labors ergaben, dass es sich bei dem neuen Protein tatsächlich um eine Cyklooxygenase handelte, die auch durch die damals bekann-
ten NSAID gehemmt wird. Nach Erscheinen der ersten Publikationen über die neuen Beobachtungen (Kujubu/Fletcher/Varum/Lim/Herschman 1991²⁴; Flet-
cher/Kujubu/Perrin/Herschman 1992²⁵) setzte ein wahrer Run der Eikosano-
idspezialisten auf das neue Enzym ein. Quasi über Nacht war Herschman selbst ein Vorreiter der Eikosanoidforschung geworden. Man fand schnell heraus, dass diese COX-2 im Gegensatz zur länger bekannten COX-1 durch verschiedene entzündungsauslösende Substanzen induziert wird, wohingegen die entzündungs-

- 24 Kujubu, D.A. / Fletcher, B.S. / Varum, B.C. / Lim, R.W. / Herschman, H.R., TIS10, a phorbol ester tumor promotor-inducible mRNA from Swiss 3T3 cells, encodes a novel prostagladin syn-these/cyclooxygenase homologue. - In: Journal of Biological Chemistry 266 (1991), Heft 20. S. 12866 - 12872.
- 25 Fletcher, B.S. / Kujubu, D.A. / Perrin, D.M. / Herschman, H.R., Structure of the mitogen-inducible TIS10 gene and demonstration that the TIS10-encodet protein is a functional prosta-gladin G/H synthase. - In: Journal of Biological Chemistry 267 (1992) Heft 7, S. 4338 - 4344.

hemmenden Steroidhormone die Genexpression der COX-2 unterdrücken. Wir wissen heute, dass COX-1 und COX-2 zwar identische Reaktionen katalysieren, dabei jedoch sehr unterschiedliche biologische Funktionen erfüllen. Die COX-1 ist ein konstitutives („house-keeping“) Enzym, das in der Zelle immer vorhanden ist und für die physiologischen Funktionen der Prostaglandine zuständig ist, während die COX-2 erst bei Auslösung von Entzündungsvorgängen experimentiert wird und für die dabei ablaufenden durch Prostaglandine vermittelten *pathologischen* Vorgänge wie Schmerz, Schwellung, Rötung, Austritt von Gewebsflüssigkeit usw. verantwortlich ist. Jetzt ließen sich auch die unerwünschten Nebenwirkungen des Aspirins und anderer NSAID erklären. Aspirin hemmt nicht nur die COX-2 (das ist das eigentliche Ziel der NSAID-Therapie, ohne dass man das bis vor kurzem wusste), sondern auch die COX-1, die man lange Zeit fälschlich als das pharmakologische Zielobjekt ansah. Dadurch wird der Schutz der Magenschleimhaut durch das Eikosanoid Prostaglandin E₂ unterbunden und die Bildung von Magengeschwüren begünstigt. Trotz der großen strukturellen Ähnlichkeiten zwischen COX-1 und COX-2 gelang es pharmakologischen Forschern in relativ kurzer Zeit, selektive COX-2-Hemmer zu entwickeln, die dementsprechend frei von diesen Nebenwirkungen sind. Solche Arzneimittel werden heute von den Ärzten unter anderem zur Behandlung von Gelenkentzündungen erfolgreich eingesetzt.

5.2. Informationsentstehung - Die Problematik der unterschiedlichen Sprachspiele

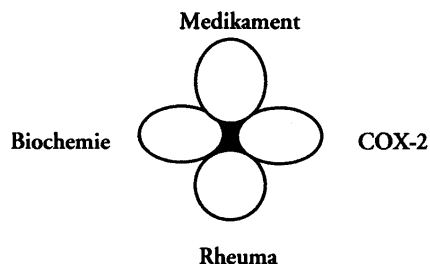
Das dargestellte Beispiel aus der jüngsten Eikosanoidforschung belegt, dass durch die Vernetzung der ständig wachsenden Informationsfülle mit Hilfe der Informationstechnologie die Wissenschaftler trotz der fortschreitenden notwendigen Subspezialisierungen enger zusammenrücken. Dieses Zusammenrücken ist sowohl regional als auch fachgebietsbezogen zu verstehen. Damit trägt die Informationstechnologie maßgeblich zur Steigerung der Interdisziplinarität des biochemisch-molekularbiologischen Forschungsprozesses bei.

Mit dem Beispiel lässt sich jedoch auch die „Zielgruppenproblematik“ verdeutlichen, die sich aus den unterschiedlichen „Sprachspielen“ im Sinne von Ludwig v. Wittgenstein ergibt.

Sucht beispielsweise ein Biochemiker nach Literatur über die therapeutische Nutzung des COX-2 (Cyclooxygenase-2), so kann er sie, wie geschildert, über verschiedene Deskriptoren finden. Die Bedeutung der Indexe und der Suchbegriffe kann allerdings in unterschiedlichen „Sprachspielen“ entstanden sein. Das soziale Umfeld in dem die Bedeutung der Begriffe entstand, die der Autor beim Schreiben des Originalartikels benutzte, wird sich in sehr vielen Fällen von dem

sozialen Umfeld unterscheiden, das die Bedeutungen der Begriffe bestimmt, die beim Indexieren unterstellt werden. Die Begriffsbedeutungen des die Literatur Suchenden werden wiederum andere sein, denn dieser lebt und arbeitet meist nochmals in einem anderen sozialen Umfeld. Erkennt man einmal an, dass die Bedeutungen der sozialen Information im sozialen Prozess gebildet werden, so wird klar, dass sie nicht für jeden gleich und auch nicht eindeutig auf Syntaxbereiche fixierbar sind.

Abbildung 8: *Venn-Diagramm zur Suche nach Dokumenten, charakterisiert durch vier unterschiedliche Indexierbegriffe*



Legende zur Abbildung 8:

In modernen bibliographischen Informationsrecherchesystemen ist es nicht ungewöhnlich, dass man viele Millionen Dokumente in einer Datenbank hat, die weltweit zur Verfügung stehen. Jede Datenbasis spezialisiert sich gewöhnlich auf einen speziellen Wissensbereich, so z.B. auf medical abstracts. Die Dokumente werden professionell erarbeitet indexiert und gespeichert um wieder von professionellen Bibliothekaren und Informationswissenschaftlern aufgefunden zu werden.

Wenn wir nun aber davon ausgehen, dass wir ein solches System nutzen wollen, ohne dass wir Biochemiker/Molekularbiologe sind oder ein Bibliothekswissenschaftler und wollen etwas über die therapeutische Nutzung des Cox-2 (Cyclooxygenase-2) erfahren, kann man die Literatur über verschiedene Deskriptoren auffinden.

Die Bedeutung der Worte, die einmal der Autor, zum anderen vom Indizierer und dann wiederum vom Suchenden bzw. vom Datenbanknutzer verwendet werden, unterscheiden sich.

Dies weist auf die Bedeutung von semantischen Rückkopplungen hin, wie sie in einem erweiterten bzw. vervielfachten Wissenstransferzyklus möglich werden.^{26, 27}

26 Fuchs-Kittowski, F / Vogel, E., Kooperative Online-Beratung im Electronic Commerce: Der COCo-Ansatz zur kooperativen Wissenserzeugung. - In: Mensch & Computer. Hrsg. v. H. Oberquelle / R. Oppermann / J. Krause. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: B.G. Teubner 2001.

Dies weist darüber hinaus auf eine prinzipielle Schwierigkeit automatisierter Suchsystemen hin, die nur auf der Grundlage syntaktischer Strukturen die Wiederauffindung der Literatur realisieren können.

Es wird also wichtig, nicht nur die Informationen bzw. ihre Träger anzubieten, sondern auch zu beschreiben, für wen diese gedacht sind.

Auf der anderen Seite ist es aber auch notwendig, dass die Benutzer der Suchdienste bei einer Suchanfrage ihr persönliches Benutzerprofil mit angeben können. Dies ist aber bei den meisten Suchdiensten im Internet zur Zeit nicht der Fall. Die personenbezogenen Kriterien (z.B. zu welcher Interessengruppe gehört der Nutzer) verändern sich nur langsam und könnten daher vom Suchdienst mit berücksichtigt werden.²⁸

Sprechen wir von Informationsrecherchen auf der Grundlage spezifischer Datenbanken, wie hier von dem medizinischen Literatursuchsystem *PubMed*, so kann man vielleicht zunächst unterstellen, dass alle drei: Autor, Indexierer und Suchender, Spezialisten auf dem gleichen Fachgebiet sind, so dass das Problem der unterschiedlichen Semantik, aufgrund unterschiedlicher „Sprachspiele“, sich nicht unbedingt stellt. Gehen wir aber davon aus, dass, wie unser Beispiel zeigt, die Nutzung der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien maßgeblich zur Erhöhung der Interdisziplinarität des biochemisch-molekularbiologischen Forschungsprozesses beiträgt, dann muss auch hier die Tatsache unterschiedlicher Sprachspiele beachtet werden.

Dies bedeutet insbesondere die Beachtung der Erkenntnis, dass der Informationsverarbeitungsansatz, wie er sich aus den Kognitionswissenschaften, insbesondere aus der bisherigen Forschung über Künstliche Intelligenz entwickelt hat, der Entstehung von Bedeutungen nicht Rechnung tragen kann, da er Information immer schon als gegeben voraussetzt²⁹. Erst mit der Theorie der Selbstorganisation, verbunden mit dem Konzept der Informationsentstehung bzw. Bildung von Bedeutungen, wie sie zuerst in der Theorie der Biologie³⁰, speziell mit der

27 Fuchs-Kittowski, K., Wissens-Ko-Produktion - Verarbeitung, Verteilung und Entstehung von Informationen in kreativ-lernenden Organisationen. - In: Stufen zur Informationsgesellschaft für alle. Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski, Hrsg. v. Chr. Floyd / W. Hofkirchner / C. Fuchs, Frankfurt: Peter Lang Verlag 2002, im Druck.

28 Nawrocki, K., Bewertung der Informationsrecherche im Internet und Vorstellung eines neuen Ansatzes. Diplomarbeit, Berlin: Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 2001.

29 Fuchs-Kittowski, K., Information - Neither Matter nor Mind: On the Essence and on the Evolutionary Stage Conception of Information. - In: The Quest For A Unified Theory of Information. Hrsg. v. W. Hofkirchner. World Futures General Evolution Studies. Australia, Canada, Amsterdam, Volume 13, Gordon and Breach Publishers 1994, S. 331 - 350.

Theorie der Lebensentstehung von M. Eigen entwickelt wurde, fand auch dieser Gesichtspunkt Beachtung.³¹

Sprechen wir hier von den Möglichkeiten und Grenzen der Literaturrecherche auf der Grundlage spezifischer Datenbanken, so sollte man aus der Theorie der Selbstorganisation des Lebendigen lernen, dass die hier relevanten Bedeutungen der Begriffe auch nicht vorgegeben sind, sondern in einem sozialen Prozess der Selbstorganisation entstehen.³² Dies wird dazu zwingen, dass der Mensch in den Such- und Bewertungsprozess einbezogen bleibt.

6. *Semantische Rückkopplungen als Grundlage der Selbstorganisation Dokumente verbreitender Informationssysteme*

Die Informationsrecherche ist eine immer wiederkehrende Anforderung für jeden Internetnutzer. Es ist daher erstaunlich, dass man bisher gezwungen ist mit Suchdiensten zu arbeiten, die in ihrer Konzeption in sofern veraltet sind, dass sie eine Nutzerbewertung der Dokumentenqualität nicht ermöglichen. Die Nutzer haben sich mit den bisherigen Suchdiensten abgefunden, aber kaum einer ist wirklich zufrieden mit den aufwendigen Recherchen.

Bei den gegebenen technischen Möglichkeiten des Internets, dass z.B. der einzelne Nutzer direkt mit dem Informations- bzw. Dokumentenanbieter (Mediator) in Kontakt treten können, dass sie selbst in den Leistungserstellungsprozess z.B. bei der Softwareentwicklung, bei der Erarbeitung von Dokumenten, eingreifen können und so zu Co-Produzenten ihres Wissens werden, ist es nicht hinnehmbar, dass ein Internetnutzer bisher nicht von den Erfahrungen anderer Internetnutzer lernen kann.

Wir nehmen daher ein ursprünglich von S. Brier erarbeitetes Schema, das zur Verdeutlichung der erforderlichen semantischen Rückkopplungsprozesse erarbei-

30 Fuchs-Kittowski / K. Rosenthal, H.A., Selbstorganisation, Information und Evolution - Zur Kreativität der belebten Natur. - In: Information und Selbstorganisation - Annäherung an eine vereinheitlichte Theorie der Information. Hrsg. v. N. Fenzl / W. Hofkirchner / G. Stockinger. Wien: Studien-Verlag 1998, S. 141 - 188.

31 Brier, S., What is a Possible Ontological and Epistemological Framework for a True Universal 'Information Science?' The Suggestion of a Cybersemiotics. - In: The Quest For A Unified Theory of Information. Hrsg. v. W. Hofkirchner. World Futures General Evolution Studies. Australia, Canada, Amsterdam, Volume 13, Gordon and Breach Publishers, 1994, S. 79 - 99.

32 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 / S. Zelewski, Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, 1999, S. 329 - 361.

- von Sonderdrucken geschieht. Bei Wissens-Co-Konstruktion werden auch Produzenten-
gruppen in der scientific community gebildet.
2. verweist auf die Möglichkeit des direkten Zugriffs eines Bibliothekars oder Informations-
Broker auf eine Dokumentensammlung. Im Falle einer entsprechenden Spezialisierung z.B.
als Biochemiker/Molekularbiologe, der auch ständig die laufenden Fachtagungen besucht,
passt er in das Sprachspiel des Biochemiker/Molekularbiologen als Produzent und Nutzer.
 3. verweist auf den direkten Zugriff des Endnutzers über ein Online-System.
- Hier treten aber die beschriebenen Schwierigkeiten der meist ungleichen Verwendung der
Begriffsbedeutungen bei der Wissensorganisation auf.
 4. verweist auf die Möglichkeiten des Menschen, des Bibliothekars bzw. Informations-Brokers
als Mediator der Sammlung oder auch als Systemgestalter durch Verbesserung der Systeme
die elektronische Recherche zu unterstützen. Hier kann die globale Suche durch Suchma-
schinen: Recherche-, Selektions- und Präsentationssysteme insbesondere durch die gezielte
Spezialisierung der Daten/Wissensbasen verbessert werden.
 5. Mit dem Bewertungsabgabe-Programm führen wir eine weitere (von S. Brier in 3 und 4
wohl implizierte, aber doch ungenügend berücksichtigte), u. E. aber besonders wichtige,
semantische und syntaktische Rückkopplung ein, die Bewertung durch den kompetenten
Nutzer oder Nutzergruppen (Informationsgemeinschaft). Dies ist besonders wichtig bei der
Suche nach wissenschaftlicher Literatur. Bei der Nachfrage nach medizinischen Dokumen-
ten. Gewinnt aber angesichts des Mülls im Internet auch allgemeine Bedeutung für den nor-
malen Nutzer.

Auch die übrigen eingezeichneten gestrichelten Linien, die semantische Rückkopplungen darstel-
len, werden natürlich zur Bewertung der Qualität der Dokumente genutzt. Hier können die
Bedeutungsveränderungen im sozialen Prozess, wenn man bewusst darauf orientiert, auch
Berücksichtigung finden.

Wir wollen hier jedoch einen speziellen Kanal ausweisen, um auf eine relativ neue Entwicklung
Aufmerksam zu machen. Die Bewertung der Informationsrecherche im Internet erhält zuneh-
mend größere Aufmerksamkeit - „Web-Site-Evaluation“.

Die Interaktionsmöglichkeiten des Internets, die verstärkte Personalisierung von
Angeboten sowie die Bildung großer Communities z.B. scientific communities
zur Lösung eines speziellen Problems führt dazu, dass auch Informations-Com-
munities gebildet werden. Dies ermöglicht die Herausbildung von Diensten, die
im Unterschied zu den herkömmlichen Suchdiensten, die Informationsgewin-
nung und insbesondere die Bewertung ihrer Qualität konsequent auf den kom-
petenten Endnutzer bzw. Nutzergruppen verlagern. Im Vergleich zu den her-
kömmlichen Katalogen bekommt hier jeder Internetnutzer die Möglichkeit, die
gefundene Website zu bewerten und selbst einzelne Websites im System zu pfle-
gen. Dies erweist sich als ein wichtiger Weg zur Verbesserung der Informations-
qualität von Suchdiensten im Inter- und Intranet.

Es sei hier verwiesen z.B. auf Online-Beratung im Electronic Commerce^{33, 34}. Im Zusammenhang mit der Kundenberatung über das Internet wird immer häufiger auch gleichzeitig ermöglicht, dass Unternehmen von den Kunden lernen. Um das Potential des World Wide Web auszuschöpfen gilt es die Möglichkeiten beiderseitiger Kommunikation zu nutzen.

Meinungen der Kunden werden eingeholt, Buchrezensionen (z.B. Amazon.de). Die Kunden können die Bewertung lesen und sich so ein eigenes Urteil bilden.

Ciao, als größtes Verbraucherportal der Welt sammelt Erfahrungsberichte über Produkte und Services.

- Numerische Durchschnittsbewertung (z.B. eBaay.de)
- Durchschnittliche Kundenbewertung (Amazon, Moviefinder, eBay Feedback Profile).

Ähnlich wie bei den Textkommentare bewerten hier andere Kunden dargestellte Produkte in Form von numerischen Wertungsskalen (meist 1-5). Diese Meinungen werden zu Durchschnittswerten zusammengefasst.³⁵

Die bevorzugte Bewertungsmethode ist zur Zeit die manuelle Bewertung durch Experten, wobei die Qualifikation dieser Experten natürlich zum Hauptproblem wird. Das andere Problem ist die Unmenge an Dokumenten im Internet, die auch durch viele Experten nicht vollständig bewertet werden kann. Es muss also die zu bewertende Menge an Dokumenten von vornherein eingeschränkt werden.

Die manuelle Bewertung durch den kompetenten Benutzer oder Benutzergruppen bedeutet, dass der Benutzer die Möglichkeit hat, ein Dokument subjektiv zu bewerten. Um die subjektive Sicht eines Benutzers nicht vorherrschend werden zu lassen, muss über die Bewertung aller Benutzer ein Mittel gebildet werden. Wie von K. Nawrocki herausgearbeitet wird³⁶ besteht der Vorteil dieser Vorgehensweise darin, dass die Belastung einiger weniger Experten auf Tausende von Endnutzern verteilt wird. Ein möglicher Nachteil besteht in der Vertrauenswürdigkeit gegenüber einer Bewertung durch einen Experten. Das Problem der

33 Fuchs-Kittowski, F., Online-Beratung im Electronic Commerce - Kundenberatung über das Internet. Fraunhofer Institut für Software- und Systemtechnik ISST, <http://www.isst.fhg.de/~ffuchs/>, 2. November 2000.

34 Fuchs-Kittowski, F., Kooperative Wissenserzeugung und -nutzung in wissensintensiven Geschäftsprozessen. - In: Professionelles Wissensmanagement - Erfahrungen und Visionen. Hrsg. v. H-P. Schnurr / S. Staab / R. Studer / G. Stumme / Y. Sure. Aachen.: Shaker Verlag 2001.

35 Nawrocki, K., Bewertung der Informationsrecherche im Internet und Vorstellung eines neuen Ansatzes. Diplomarbeit, Berlin: Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 2001.

36 ebenda

Vertrauenswürdigkeit kann durch stärkere Benutzertransparenz entschärft werden. Im Bereich der Wissenschaft, insbesondere z.B. in der Medizin werden sich Spezialistengruppen - Informationsgemeinschaften - bilden. Ist das technische Netz gegeben, wird dieses Netz der Informationszentralen bzw. Informationsgemeinschaften, das eigentliche Netz sein, welches die Grundlage einer Informationsgesellschaft für alle bilden kann. Auftretende Konflikte müssen auch hier, wie generell im wissenschaftlichen Leben, durch Erhöhung der Transparenz, verbesserte Kollegialität und erhöhte Internationalität gelöst werden.

7. Ausblick

Der Buchdruck hatte unmittelbare Auswirkungen auf die gesellschaftliche Entwicklung. Er hat zur Aufklärung beigetragen und damit die Neuzeit eingeleitet.³⁷ Die Verfügbarkeit an entsprechender Literatur für Viele war offensichtlich eine entscheidende Triebkraft. Ob aber der globale Informationszuwachs vermittels des Internets eine ähnliche Rolle spielen kann - eine neue Aufklärung einleitet, wird vor allem davon abhängig sein, ob es wirklich gelingt eine qualitative, nach humanistischen und demokratischen Werten erfolgende Bewertung der Information durchzusetzen und speziell hinsichtlich der wissenschaftlichen Information die Spaltung der Welt in „information rich“ and „information poor“ zu überwinden. Nur so kann der Weg für eine neue Aufklärung, die nun auch global erfolgen muss, vom Internet mit bereitet werden.

37 Kolditz, L., Informationsverarbeitung in der Wissenschaft - Buchdruck und Internet. - In: Sitzungsberichte Der Leibniz - Sozietät (Berlin). Jahrgang 1999, Heft 6, S. 71 - 90.

Autorinnen und Autoren

Dr. Wolfgang Biedermann, Görschstraße 21, D – 13187 Berlin

Dr. Manfred Bonitz, Halbkreisstraße 17, D – 01187 Dresden

Prof. Dr. Werner Ebeling, Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstraße 110, D-10115 Berlin

Prof. Dr. Klaus Fuchs-Kittowski, Wibelskircherweg 12, D – 12589 Berlin

Dr. Siegfried Greif, Deutsches Patent- und Markenamt, Zweibrückenstraße 12, D- 80331 München

Dr. Christoph Grenzmann, SV Gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik MBH im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Barkhovenallee 1, D – 45239 Essen

Dr. Horst Kant, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Wilhelmstraße 44, D – 10117 Berlin

Matthias Kölbl, Wuppertal - Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Döppersberg 19, D-42103 Wuppertal

Dr. Rüdiger Marquardt, SV Gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik MBH im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Barkhovenallee 1, D – 45239 Essen

PD Dr. Heinrich Parthey, Institut für Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, Dorotheenstraße 26, D – 10099 Berlin

Dr. Andrea Scharnhorst, Netherlands Institute for Scientific Information Services Joan Muyskenweg 25, HD – 1090 Amsterdam

Prof. Dr. Tankred Schewe, Friedrichsstraße 9c, D – 15537 Erkner

Prof. Dr. Günter Spur, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin, Pascalstraße 8–9, D – 10587 Berlin

Prof. Dr. Walther Umstätter, Institut für Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, Dorotheenstraße 26, D – 10099 Berlin

Namensregister

- A
- Abbe, E. 140-141
 Allen, P.M. 61
 Alter, P. 134
 Aristoteles 18
 Arndt, F. 157
 Arthur, W.B. 61, 66
- B
- Barnett, W.A. 61
 Batten, D. 61
 Becht, H.-P. 131
 Beckenbach, F. 60
 Becker, J. 216
 Bertheit, H. 75
 Besselaar, P. van den 60
 Biedermann, W. 23, 143
 Bludau, B. 109
 Boetticher, K.H. von
 138-139
 Bois-Reymond, E. du
 136
 Bonitz, M. 85, 90, 182,
 188, 193
 Bortfeldt, J. 135
 Bosch, C. 150, 158-159,
 167
 Bötticher, K.H. von 138
 Bötzkens, W. 154
 Braun, G. 132
 Braun, W. 132
 Bresinky, A., 29
 Brier, S. 216, 218
 Brocke, B. vom 144
 Bruch, R. von 134
 Bruckner, E. 59-60, 63-
 64, 67, 71
 Buchheim, G. 135
 Buddensieg, T. 131
 Budenandt, A. 22
- C
- Burley, P. 60
 Butrimenko, A. 191
- C
- Cahan, D. 20, 135,
 137-138
 Casti, J.L. 61
 Clausius, R. 136
 Correns, C. 25
 Cranach, M.L. von 164
 Crick, F. 25
- D
- Darwin, Ch. 182
 Davadason, F.J. 207
 Davies, W. 190
 Day, R.H. 60-61
 Delbrück, D. 25-26
 Denffer, D. von 29
 Diefenbacher, H. 60
 Dobrov, G.M. 188, 191-
 192
 Dosi, G. 60, 66
 Dresbach, S. 14
 Duisberg, C. 149-150,
 158
- E
- Düwell, D. 131
- E
- Ebeling, W. 59, 60,
 62-67, 71-72
 Ehrendorfer, F. 29
 Ehrenfest, P. 67
 Ehrenfest, T. 67
 Eigen, M. 216
 Einstein, A. 177
 Engels, F. 30
 Epstein, E. 164
- F
- Feistel, R. 62
 Feldman, G.D. 134
 Feller, W. 67
- F
- Fenzl, N. 216
 Fischer, E. 21, 140, 148
 Fisher, C. 66
 Fisher-Price 68
 Fletcher, B.S. 212
 Floyd, Chr. 209, 215
 Foerster, W. 135-136,
 139
 Foray, D. 71
 Förster, W. 20
 Foster, J. 60
 Franck, G. 85
 Freeman, C. 60, 66
 Freundlich, H. 160, 162,
 164
 Frey, M. 132, 133
 Frisch, O.R. 25
 Fuchs, C. 209, 215
 Fuchs-Kittowski, K. 10,
 13, 174, 182, 185,
 188, 190-192, 195,
 200, 209, 214-216,
 219
- G
- Gadicke, A. 109
 Gaeltgens, Th. W.
 132-133
 Galilei, G. 13
 Garfield, E. 85
 Geihs, K. 187
 Geweke, J. 61
 Glum, F. 158-159, 161,
 164
 Goodwin, R.M. 61
 Goonatilake, S. 60
 Goslar 138
 Grau, C. 19
 Greif, S. 9, 20, 97, 101,
 109, 111

- Grenzmann, Ch. 27, 75, 78, 101
 Griewank, K. 133
 Grübler, A. 71
 Gruss, P. 18
 Gudermuth, P. 192
H
 Haag, G. 60-62
 Haber, F. 144, 161-164, 166
 Hahn, O. 22, 25, 149, 152-155, 158, 166, 171
 Hansen, B. 75
 Harden, M. 129, 130
 Harnack, A. von 9, 21, 28, 147, 149, 157, 175
 Hartkopf, W. 131
 Harwood, J. 143
 Hauben, M. 188, 190
 Hauben, R. 188, 190
 Hauser, W. 135
 Havemann, F. 60
 Hein, D. 131-132
 Heinrich, L.J. 216
 Helbing, D. 60
 Helmholtz, A. 137
 Helmholtz, H. 21, 129, 134, 136-137, 139
 Herrmann, H.J. 60
 Herschman, H.R. 212
 Herzog, R. 97, 101, 109
 Hess, K. 149, 159
 Hodgson, G.M. 59
 Hoffmann, D. 135, 137
 Hofkirchner, W. 209, 215-216
 Humboldt, A. von 177
 Humboldt, W. von 20, 22
I
 Innozenz III. 177
J
 Jaekel, O. 23
 Jander, G. 161, 163-164, 166
 Jenckel, E. 164, 168
 Jiménez-Montaño, M.A. 59-60, 62-64, 67, 71, 72
 Johansson, B. 61
 Johnson, J.A. 140
 Jones, L.W. 162
K
 Kaiser, H. 190
 Kallmann, H. 162, 164
 Kant, H. 21, 129, 135, 137, 141, 149
 Karmeshu 60, 62, 72
 Kirchgässner, B. 131
 Kirchhoff, G. 136
 Knorr-Cetina, K. 200
 Kocka, J. 132
 Kölbel, M. 113, 114
 Kolditz, L. 220
 König, W. 20, 216
 Koppel, L. 147, 163
 Kortzfleisch, H. von 97, 99
 Krafft, F. 25
 Kraus, E. 132
 Krause, J. 214
 Kretschmer, H. 60
 Kröber, G. 24, 27
 Krüger, M. 61
 Kruse, J. 190
 Kuhn, Th. 15
 Kujubu, D.A. 212
 Kwasnicki, W. 61
L
 Ladenburg, R. 160, 162
 Laitko, H. 9-10, 13, 20, 129, 140, 144, 182, 192
 Lakatos, I. 12
 Lemgo, K. 188, 191
 Lemmerich, J. 135, 139
 Lenk, H. 12
 Leydesdorff, L. 60
 Lim, R.W. 212
 Lorenz, H.-W. 61
M
 Mainzer, K. 62
 Mansfield, E. 66
 Markl, H. 127
 Marquardt, R. 27, 75, 78, 81
 Marx, K. 30
 Masaaki, I. 175
 Matschoß, C. 137
 Mattauch, J. 155
 McClelland, Ch. E. 21
 Meer, F. ter 150
 Meitner, L. 25, 149, 153, 155, 158, 171
 Mensch, G.O. 61
 Mentzel, R. 161, 164
 Merton, R. K. 85, 87, 90, 94
 Metcalfe, J.S. 60
 Meyerhof, O. 25
 Minnigerode, G. von 123
 Mittelstraß, J. 126, 127
 Mueller, U. 60
 Mühlhölzer, F. 199
 Müller, M. 101

- Müller, R.A. 134
 N
 Nawrocki, K. 215, 219
 Nelson, R.R. 60, 66
 Nobel, A. 141
 Noll, F. 29
 O
 Oberquelle, H. 214
 Oppenheim, F. 150
 Oppermann, R. 214
 Ostwald, W. 11, 20
 P
 Parson, T. 19
 Parthey, G. 19
 Parthey, H. 7, 9, 10, 13,
 16, 20, 24, 26-27, 60,
 144, 174, 182, 186,
 192, 200
 Perrin, D.M. 212
 Ping Chen 60, 61
 Planck, M. 24-25, 161,
 163-164
 Plato 17, 18, 178
 Platt, G. M. 19
 Pobell, F. 31
 Polanyi, M. 160
 Popper 12, 178
 Prigogine, I. 200
 Pry, R.H. 66
 Puttkammer, J. von 125
 R
 Ragnarsøn, R. 75
 Ransch, S. 75
 Rauch, V.D. 188
 Rechenberg, H. 135,
 137
 Rendolf, R.Ch. 188
 Rescher, N. 9, 118-119
 Reyerson, L.H. 162
 Rogers, E.M., 66
 Rolf, A. 216
 Rosenthal, H.A. 195,
 216
 Rüegg, W. 19
 S
 Saviotti, P.P. 60
 Schalk, H. 97, 99-100,
 109
 Scharnhorst, A. 59, 60,
 62, 63, 64, 67, 71, 85,
 90
 Schellbach, K.-H. 135
 Schenk, H. 29
 Schewe, T. 185, 209
 Schieder, 133
 Schieder, M. 132, 133
 Schiller, F. 187
 Schimper, A.F.W. 29
 Schleiermacher, F. 17
 Schmalenbach, E. 145
 Schnabel, U. 18
 Schnurr, H.-P. 219
 Schomerus, F. 140
 Schrank, G. 166
 Schreckenber, M. 60
 Schreiber, K. 24, 26
 Schreier, W. 135, 137
 Schröder, A. 158
 Schumpeter, J.A. 30, 59,
 175
 Schuster, U. 188, 191
 Schütte, R. 216
 Schweitzer, F. 60, 61
 Sembach, K.-J. 131
 Shannon, C. 182-183
 Shell, K. 61
 Shigan, E.N. 192
 Siemens, K. 137
 Siemens, W. 20, 21, 129,
 134-140
 Silverberg, G. 60, 61, 66
 Smith, A. 91
 Soete, L. 60, 66
 Sokrates 17, 18, 173
 Solla Price, D.J. de 113,
 117, 125, 179
 Sonntag, I. 65
 Speemann, H. 25
 Spur, G. 7, 10, 186
 Staab, S. 219
 Stäudner, F. 31
 Stegmüller, W. 15
 Steiner, M. 109
 Stengers, I. 200
 Stock, A. 149
 Stockinger, G. 216
 Stolz, R. 140
 Stone, I. F. 18
 Strasburger, E. 29
 Strassmann, F. 25
 Stratmann, B. 76, 78,
 101
 Studer, R. 219
 Stuhlmann, H.C. 164
 Stülpnagel, von 138
 Stumme, G. 219
 Sure, Y. 219
 Suttner, B. von 141
 T
 Täger, U 97, 99-100,
 109
 Telschow, E. 154, 155,
 163, 164, 166, 167
 Thiessen, P.A. 161, 163-
 164, 166, 167
 Timoféef-Ressovsky,
 N.V. 25-26

- Treleaven, Ph. 60
Treue, W., 131
Troitzsch, K.G. 60
Tschirschwitz, R. 190
 U
Umstätter, W. 10, 13,
 26, 174, 178-179,
 182-183, 192
 V
Varum, B.C. 212
Vercelli, A. 61
Vogel, B. 76, 78, 101
Vogel, E. 214
Vögler, A. 154-155
 W
Wagner-Döbler, R. 174
Wahl, D. 13
Wangermann, G., 131
Warburg, O. 22, 25
Wassermann 23
Watson, J.D. 25
Weaver, W. 182, 183
Weidlich, W. 61-62
Weinberg, A. von
 149-150, 153, 157
Weingart, P. 10, 26
Weiss, B. 143
Wendt, O. 216
Wenzlaff, B. 188, 190,
 191
Wessel, K.-F. 26,
 182-183
Winter, S.G. 60
Witt, P.Ch. 143
Witt, U. 59
Wittgenstein, L. von 213
Wittig, J. 140-141
Wohlfahrt., H. 25
Wolf, D.E. 60
Wudtke, J. 75, 78
 Z
Zelewski, S. 216
Ziegler, H. 29
Ziman, J.M. 60, 117,
 121
Zimmer, K.G. 25-26
Zott, R. 20
Zumbroich, T. 109

Stichwortverzeichnis

- A**
- Acquisition 173-174, 176
 - Akademie 19-20
 - Anwendungsforschung
 - 127, 175, 186
 - Arbeit 45-50
 - Arbeitsinhalte 47, 51
 - Arbeitskultur 45, 47-48, 50
 - Arbeitsplätze 37
 - Arbeitsverhalten 51
 - Arbeitswelt 45-46
 - ARPAnet 187-188, 192
 - Auftragsforschung 77
- B**
- Berliner Akademie der Wissenschaften 131
 - Berufsbilder 49
 - Bibliothek 14, 16, 173-174, 176-178
 - Bildungsarbeit 50
 - Bildungsgrad 49
 - Bildungssystem 41, 56-57
 - Blue Gene 195, 201
- C**
- Carl-Zeiss-Stiftung 140-141
- D**
- Deep Blue 195, 201
 - Digitale Netze 198
 - Drittmittel 28
 - Drittmittelaufnahmen 28
- E**
- Effizienz 119
 - Elektroindustrie 136
 - Elektrotechnischer Verein 137
- F**
- Emil-Fischer-Gesellschaft 150-153
 - Entdeckung 30
 - Erfinder
 - Einzelfinder 102
 - Erfinderaktivität 103
 - Erfindung 29-30, 100, 105, 109
 - Erfindungstätigkeit 101
 - Erklärung 11-12
 - Evolutionäre Ökonomie 59, 61
 - Experiment 11-13
 - Experimenteller Forschungsprozess 199
- F**
- F+E-Kooperation 101
 - Finanzierung der Wissenschaft 28
 - Fluktuationen 59, 70
 - Forschung 174
 - Forschungsleistung 11, 14
 - Forschungsprospektion 122
 - Forschungssituation
 - disziplinär 25
 - interdisziplinär 23-24, 25-26
 - Merkmale 14-15
 - Fraunhofer-Gesellschaft 105-106
 - FuE-Aufwendungen
 - externe 77-80, 84
 - interne 77
- G**
- Genomanalyse 196
 - Grenznutzen
 - abnehmender 118-120
 - Großforschung 117, 124
 - Grundlagenforschung
 - 127, 174, 186
 - Gymnasium 18-19
- H**
- Hochlohnland 37
 - Hochschule 114
 - Humangenom 194, 196
 - Hypothese 11-13, 23, 200
- I**
- Industrieforschung 135
 - Information
 - genetische 195
 - und Wissen 178
 - Informationsentstehung 213, 215
 - Informationsgemeinschaften 191, 220
 - Informationsrecherche 202, 209
 - Informationstechnik 46, 47, 50
 - Informationstheorie 182-183
 - Informationsverarbeitung 185, 189-190
 - Informationszentrale 186-190, 220
 - Innovation 9, 27, 29-30, 41-43, 50, 59-61, 63-65, 175
 - Innovation
 - erster Art 66, 68
 - zweiter Art 66, 68
 - Innovationsmanagement 48
 - Instabilitäten 59
 - Institutionen der Wissenschaft 18-19

- Interdisziplinarität 25-26, 44, 52, 213, 215
- Internet 187, 192-193, 202, 207, 220
- K**
- Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft 21, 130-132, 139, 147, 163-164
- Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie 149, 151, 156-160
- Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie 160-161, 163-165, 167-170
- Komplexitätsforschung 59
- Kooperation 31, 97
F+E-Kooperation 97-102, 105, 108-109
- Koppel-Stiftung 167
- Kreativität 51-52, 194
- L**
- Lebenskultur 52
- Lizenz 99, 108-110
- Lizenzabsprache 109
- Lizenzangebote 108
- Lizenzbereitschaft 108
- Lizenzbereitschaftserklärung 108
- Lizenzbilanz und Patentbilanz 110-111
- Lizenzinnahme 109
- Lizenzgeber 99, 109
- Lizenzinteresse 108
- Lizenzinteresseerklärung 108
- Lizenznahme 109
- Lizenzvereinbarung 99-101, 109
- Lizenzverkehr
Patentverkehr 109-110
- Lizenzwesen 108
- M**
- Marktwert von Wissen 175-176
- Matthäus Index 87
- Matthäuseffekt 85, 87, 90, 92, 95, 122, 124, 173, 179-180, 182
- Matthäus-Kernzeitschrift 87, 89-90, 92, 94
- Matthäus-Zitierungen 87-89, 91-94
- Mäzenatentum 130, 132-133, 140
- Methodengefüge 9, 15
- Minerva 153-154
- Museion 19
- N**
- Nichtlineare Dynamik 61
- Nischeneffekt 70
- Nobelpreis 141
- Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft 152, 161-162
- P**
- Patent 22, 37
- Patentaktivität 10, 37-38
- Patentanmeldung 102
Gemeinschaftsanmeldung 101-103
- Patentlizenz 99-100
- Patentverkehr und Lizenzverkehr 109-110
- Peer Review 121
- Personaletat 159
und Sachetat 22, 77, 144-146, 157, 159-161, 163, 169-170
- Physikalisch-Technische Reichsanstalt 21, 129, 134, 139
- Präzisionsmechanik 135
- Problem
Merkmale 14
- Problematisieren 12, 16-18
- Problemfeld 15
- Problemrelevanz 15
- Publikation 13, 173-176, 179
- R**
- Relevanz
axiomatische 121, 126
technologische 121, 126
- Rockefeller-Foundation 161-162
- S**
- Sachetat
allgemeiner 149
und Personaletat 22, 77, 144-146, 157, 159-161, 163, 169-170
verkürzter 159, 169
- Selbstorganisation 59, 61, 178, 215-216
- Semantische Rückkopplung 214, 216
- Sequenzanalyse 185, 198
- Spenden 77, 80-83
- Spitzentechnik 31-37

-
- Spitzentechnologie 43
 Sponsoring 130, 134
 Steady State 117, 119-120, 123, 125-126
 Strukturbildung 59
 Suchdienste 204, 206, 218
 Suchmaschine 204-205, 208-209
T
 Technik 31
 höherwertige 31
 Technikfolgenabschätzung 43
 Technologiekultur 44, 52-57
 Technologiemanagement 54
 Technologietransfer 55-56
 Telekooperationssysteme 194, 201
 Theorie der Selbstorganisation 59
U
 Universität 19, 20, 125
 Unternehmenskultur 53
V
 Verfügbarkeit 9, 14-16, 51, 53, 200
W
 Wahrheit 11, 13
 Webmap 205
 Wirtschaft und Wissenschaft 75, 77
 Wissen 15
 begründete Information 173, 178
 Wissenschaft
 Kriterien 11-12
 und Wirtschaft 75, 77
 und Ökonomie 85
 Wissenschaftlichkeit
 Kriterien 11-12
 Wissenschaftsausgaben 27, 113-116
 Wissenschaftsbasierte Berufe 19
 Wissenschaftsbasierte Wirtschaft 19
 Wissenschaftsdisziplinen 24
 Wissenschaftsförderung 75, 77, 80, 83
 Wissenschaftsinstitutionen 9, 16-20, 23
 Wissenschaftswachstum 113, 117-118, 121
 Wissens-Co-Konstruktion 200, 218
 Wissenserwerb
 in der Wissenschaft 179
 und Marktwert 175
 und Wissensorganisation 177
 Wissensgesellschaft 57, 202
 Wissensorganisation 177, 183
 Wissenstransfer 53, 75, 77-78, 84, 192
 Wissenstransferzyklus 189
 World Wide Web 202-203

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) 39,80 DM

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. 254 Seiten (ISBN 3-924684-85-5) 38,00 DM

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: GeWif 2000. 368 Seiten. (ISBN 3-934682-30-8) 38,00 DM

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: GeWif 2001. 227 Seiten. (ISBN 3-934682-33-2) 13,00 €

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 Dahme, Klaus Fuchs-Kittowski, Frank Havemann, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: GeWif 2001. 239 Seiten. (ISBN 3-934682-34-0) 14,00 €

Inhaltsverzeichnisse der Jahrbücher Wissenschaftsforschung im Internet:
www.wissenschaftsforschung.de

