Matthias Kölbel

Wissensmanagement in der Wissenschaft

Das deutsche Wissenschaftssystem und sein Beitrag zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen

Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstransfer Wissensspeicher ung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstransfer Wissensspeic herung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstransfer Wissenssp eicherung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstransfer Wissen sspeicherung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstransfer Wis sensspeicherung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstransfer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstrans fer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstr ansfer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissen stransfer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissensproduktion Wis senstransfer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissensproduktion Wissenstransfer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissensprodukt ion Wissenstransfer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissensprod uktion Wissenstransfer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissenspr oduktion Wissenstransfer Wissensspeicherung Wissensbedarf Wissen

Wir müssen wissen
-
Wir werden wissen

(Grabinschrift David Hilberts
auf dem Göttinger Stadtfriedhof)

Matthias Kölbel

Wissensmanagement in der Wissenschaft

Das deutsche Wissenschaftssystem und sein Beitrag zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen

GEWIF
BERLIN
Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek

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

Zugl.: Osnabrück, Univ., Diss., 2004

Umschlaggestaltung: Karen Andreas

ISBN 978-3-934682-60-3

2. elektronische Auflage 2011
Gesellschaft für Wissenschaftsforschung e.V. Berlin
www.wissenschaftsforschung.de

Alle Rechte vorbehalten.
Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Vervielfältigung, auch einzelner Teile, ist ohne
Zustimmung des Autors und des Verlags unzulässig.

Vorwort

Der eine oder andere Leser mag die vorliegende Arbeit als Reinkarnation von Bernals Buch *The Social Function of Science*[1] empfinden, da beide ähnliche Themen behandeln. Doch Anlass und Begleitumstände der beiden Werke waren total verschieden: Bernal beklagt in seinem Buch den Ressourcenmangel der naturwissenschaftlichen Forschung, weil ihre unglaubliche soziale Nützlichkeit zu seiner Zeit nicht erkannt und gewürdigt wurde. Mich hingegen hatte während meines Physikstudiums das demotivierende Gefühl beschlichen, dass der hohe Aufwand an Geld und Zeit, der heutzutage in der naturwissenschaftlichen Forschung getrieben wird, durch die erzielten Ergebnisse eigentlich nicht gerechtfertigt werden kann. Wenn ich meinen Freunden in den Sozial- und Geisteswissenschaften erzählte, dass ich während meiner experimentalphysikalischen Diplomarbeit mehrere Zehntausend Euro für Geräte und Materialien verbraucht habe, dann schlug mir eine Mischung aus Ungläubigkeit und Neid auf die üppige Ausstattung entgegen. Mich bedrückte, dass essentielle Fragen nach dem Überleben der Menschheit, die die Wissenschaft uns durch ihren Erfolg erst eingebrockt hat, unbeantwortet liegen blieben, während esoterische Spezialprobleme mit größtem Aufwand bearbeitet wurden, deren Lösung außer einer engen Fachgemeinde nie jemanden interessieren wird. Wie viel optimistischer, produktiver und erfüllter müssen doch die Forscher und Gelehrten früherer Generationen gewesen sein, die mir bei der Beschäftigung mit der Geschichte meines eigenen Fachs[2] entgegentraten!

Schon frühzeitig hatte ich mich in meinem Studium mit Wissenschaftsphilosophie befasst, aber dort fand ich keine Antwort auf meine Fragen, die mehr mit der sozialen Verfassung und der Ökonomie der Forschung zu tun haben. Durch Zufall bot sich nach meinem Studienabschluss die Chance, im Januar 2000 ans Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie zu gehen und dort in einem Projekt zu Prioritätsbestimmung für die künftige Energieforschungsförderpolitik mitzuwirken. Damit verbunden war die unschätzbare Freiheit, ein eigenes Promotionsthema zu finden; ich entschied mich, die Chance zu nutzen und mich – quasi als Therapie – mit den Problemen zu beschäftigen, die mir die Physik verleidet hatten. Dabei stieß ich auf die interessanten Ergebnisse der Wissenschaftsforschung – einer Kombination aus Soziologie, Ökonomie, Geschichte und Psychologie der Wissenschaft. Schnell musste ich jedoch feststellen, dass sich derzeit außer dem Bielefelder Institut für Wissenschafts- und Technikforschung kaum jemand in Deutschland damit befasst; ganz zu schweigen davon, dass die einschlägige Literatur breiter bekannt oder in Bibliotheken verfügbar wäre. Andererseits bot diese Situation die Chance, ältere und schon fast in Vergessenheit geratene Diskussionen aus den 60er und 70er Jahren unter der Brille der aktuellen Wissensmanagement-Debatte zusammenzuführen und zu schauen, welche neuen Einsichten sich daraus ergeben. Ganz nebenbei konnte ich so lernen, was ich

[1] John D. Bernal, *The Social Function of Science*, Routledge London 1939, auf Deutsch erschienen als *Die soziale Funktion der Wissenschaft*, Pahl-Rugenstein Köln 1986.

[2] M. Kölbel, *Rundgang über den Stadtfriedhof I-IV*, Göttinger Fachschaftszeitung Physik, Hefte I-IV 1998/1999.

schon immer wissen wollte – und wie es sich dann zeigen sollte, bekam die ganze Übung damit den Charakter einer Ausbildung für meine spätere berufliche Tätigkeit.
Trotz des gegenteiligen Ausgangspunktes hat die vorliegende Arbeit mit Bernals Werk eines gemein: Beide wurden mit Blick auf die Naturwissenschaften geschrieben. Wenn es stimmt, dass wir uns Begriffe meist nach einem prototypischen Beispiel vorstellen, wie es Dieter Zimmer in seinem Buch *So kommt der Mensch zur Sprache*[3] behauptet, dann habe ich beim Schreiben über *Wissenschaft* an die *Naturwissenschaften* gedacht, weil deren Welt mir am vertrautesten ist. Das heißt aber nicht, dass die Sozial- und Geisteswissenschaften verzichtbar wären, sondern nur, dass eventuell einige Argumente nur für Naturwissenschaften Gültigkeit besitzen, ohne dass darauf extra aufmerksam gemacht würde. Wenn der Leser also meint, dass dieses oder jenes Argument für sein spezielles Fach nicht zutrifft, so kann ich nur bitten, daraus nicht die Schlussfolgerung zu ziehen, dass die gesamte Argumentation keine Relevanz für sein Fachgebiet besitzt.

An dieser Stelle sei dem Wuppertal Institut, insbesondere Prof. Dr. Peter Hennicke und Dr. Kora Kristof, für die Finanzierung und Begleitung dieses Dissertationsprojekts gedankt. Den Gang nach Wuppertal ebneten mir Dr. Dirk Aßmann (geb. Wolters) und Dr. Stefan Pfahl, bei denen ich 1997 ein sehr inspirierendes Praktikum absolvieren durfte. Mit ihnen verbindet mich auch die Betreuung durch Prof. Dr. Mohssen Massarrat, dem ich außerordentlich dankbar bin, dass er externe und interdisziplinäre Promotionen am Fachbereich Sozialwissenschaften der Universität Osnabrück so unbürokratisch möglich macht.

Teile dieser Arbeit sind zuvor in Fachzeitschriften abgedruckt worden. So erschien eine frühe Fassung der Untersuchung zum Wachstum des deutschen Wissenschaftssystems in den *Berichten zur Wissenschaftsgeschichte* **25** (2002) Nr. 1 und abgewandelt als Vortragsmanuskript im *Jahrbuch 2001* der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin. Im *Jahrbuch 2002* der genannten Gesellschaft ist die gemeinsam mit meinen Göttinger Freunden Hartmut Eigenbrod, Jens Kube und Hergen Schultze entstandene Idee für die Zukunft der elektronischen Zeitschrift zu finden, die hier in der Anlage C wiedergegeben ist. Ich danke den Herausgebern für die Erlaubnis, die Texte und Abbildungen wieder verwenden zu dürfen.

Ein wesentlicher Teil der vorliegenden Arbeit ist während meiner Zeit im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) entstanden. Dem zufälligen Zusammentreffen mit Ministerialdirigent Dr. Christian Uhlhorn auf einer DPG-Tagung zum Thema *Wissenschaftsmanagement* im Dezember 2001 verdankte ich die Möglichkeit, zunächst für einige Monate ins BMBF zu wechseln. Die Mitarbeit am Foresight-Prozess FUTUR und die Einblicke in das Fördergeschäft des BMBF waren von unschätzbarem Wert. Für die spannende und mit viel Lachen verbundende Zeit möchte ich der Referatsleiterin Kornelia Haugg und meinen Kollegen Corinna Brüntink, Dr. Volkmar Dietz, Dr. Otto Bode, Dr. Jochen Zachgo sowie den Übrigen aus dem Referat „Strategie und Planung“ von ganzem Herzen danken.
Aus dem ursprünglich geplanten halben Jahr im BMBF wurde dann eine Dauerbeschäftigung. Der allmählich wachsende Text der Dissertation wurde im BMBF zu meinem Handbuch, zu dem ich häufiger griff, wenn es galt, Reden oder Strategiepapiere zu schreiben. Manchmal schien es mir so, als hätte ich mir mein eigenes Lehrbuch geschrieben, mit vielen Verweisen auf weiterführende Literatur, die man im Zweifelsfall zu Rate ziehen kann. Falls es dem einen oder anderen Leser ähnlichen Nutzen erweisen kann wie mir selbst, wäre ich höchst zufrieden.

[3] Dieter E. Zimmer, *So kommt der Mensch zur Sprache*, 5. Auflage Heyne München 1999, S. 143.

Es ist kaum möglich, sich bei all denen einzeln zu bedanken, mit denen ich hilfreiche Diskussionen über den Gang meiner Arbeit führen konnte. Von den Kollegen am Wuppertal Institut möchte ich Dr. Stephan Ramesohl und Dr. Manfred Fischedick erwähnen, die zusammen mit den übrigen Teammitgliedern des Zukunftstechnologien-Projekts die Diskussion in den abteilungsinternen Seminarrunden bereicherten. Profitiert habe ich auch vom Graduiertenkolleg am Institut für Wissenschafts- und Technikforschung der Universität Bielefeld, wo ich vortragen und den Rat der Professoren einholen konnte. Besonders viele und konstruktive Anregungen verdanke ich Prof. Dr. Peter Weingart, dem Doyen der deutschen Wissenschaftsforschung. Dass er sich bereit gefunden hat, das Dissertationsprojekt kritisch zu begleiten, hat mich besonders gefreut.
An meinen Studienorten Leipzig und Göttingen haben sich Holger Andreas und Alexander Meyer stets interessiert am Fortgang meiner Arbeit gezeigt. Langjährige Diskussionen verbinden mich auch mit Lutz Königkrämer, der mich mit der Gedankenwelt von Georg Picht in Berührung brachte.
Meinen ehemaligen Physik-Kommilitonen Hergen Schultze, Hartmut Eigenbrod und Jens Kube, die mir den Wechsel von der Natur- zur Sozialwissenschaft glücklicherweise nicht verübelt haben, verdanke ich manche Hilfe bei den aufgetretenen LaTeX-Problemen und viel Spaß an unserem gemeinsamen Projekt *FORUMnovum*. Karen Andreas, Christoph Jennicke und Carsten Mahn danke ich für die Hilfe im Umgang mit diversen Computerprogrammen, mit denen ich die Grafiken der vorliegenden Arbeit erstellen konnte. Gerhard Maiwald und viele der zuvor Genannten haben die Arbeit Korrektur gelesen. Ich hoffe auf ihre Toleranz, dass ich nicht immer ihren stilistischen Ratschlägen gefolgt bin.

Natürlich habe ich die entstandene Endfassung allein zu verantworten; die verbliebenen Inkorrektheiten und stilistischen Mängel sind allein mir anzulasten.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort **v**

I Hinleitung **1**

1 Einleitung **3**
1.1 Einordnung in die Wissenschaftslandschaft . . . 3
1.2 Problemaufriss: Wandel zur Koevolutionswissenschaft . . . 5
1.3 Gliederung der Arbeit . . . 8

2 Modellvorstellungen **9**
2.1 Allgemeines . . . 9
2.1.1 Zum Begriff „Wissen“ . . . 9
2.1.2 Zum Begriff „Technik“ . . . 18
2.1.3 Wissenschaftssystem . . . 18
2.1.4 Technologiesystem . . . 19
2.1.5 Historische Entwicklung des deutschen Wissenschaftssystems . . . 19
2.2 Lineares Modell von Wissenschaft und Technik . . . 24
2.2.1 Grundzüge . . . 25
2.2.2 Historische Entstehung . . . 25
2.2.3 Kritikpunkte . . . 26
2.2.4 Alternativen . . . 26
2.3 Quadrantenmodell der Zielorientierung . . . 28
2.3.1 Wissensproduktion . . . 28
2.3.2 Technikgenese . . . 31
2.3.3 Einordnung in die Quadranten . . . 33
2.4 Interdependenzen Wissenschaft – Technik – Gesellschaft . . . 35
2.5 Binnendifferenzierung in Fächer und Disziplinen . . . 39
2.6 Juristischer Rahmen . . . 42
2.7 Dynamik . . . 43
2.7.1 Lebenszyklus von Fächern . . . 43
2.7.2 Technikgenese . . . 46
2.7.3 Wachstumsdynamik . . . 50

3 Heutige Situation **51**
3.1 Wissenschaftswachstum . . . 52
3.1.1 Indikatoren . . . 52
3.1.2 Methodische Schwierigkeiten . . . 57
3.1.3 Wachstumsverlauf in Deutschland . . . 58
3.2 Wachstumseffekte . . . 62
3.2.1 Hohe Gegenwartskonzentration . . . 62
3.2.2 Abnehmender Grenznutzen . . . 63

3.2.3 Exzellenzverdünnung . . . 64
3.2.4 Relevanzverdünnung . . . 65
3.3 Konsequenzen des *Steady State* . . . 66
3.3.1 Relevante Resultate werden seltener . . . 67
3.3.2 Effizienz wird das Maß aller Dinge . . . 67
3.3.3 Akademische Laufbahn verliert an Attraktivität . . . 69
3.3.4 Großforschung stößt an ihre Grenzen . . . 70
3.4 Wissensmanagement als Notwendigkeit . . . 70

II Wissensmanagement 73

4 Bedarf an Wissen 77
4.1 Relevanz von Wissenschaft . . . 77
4.1.1 Axiomatische Relevanz . . . 78
4.1.2 Technologische Relevanz . . . 79
4.1.3 Soziale Relevanz . . . 79
4.1.4 Indirekte Relevanz . . . 82
4.2 Heutige Herausforderungen . . . 83
4.2.1 Ein Beispiel: Das Klimaproblem . . . 83
4.2.2 Ursachen der Herausforderungen . . . 88
4.2.3 Anforderungen an zukünftige Wissenschaft . . . 89
4.3 Wissensziele . . . 91
4.3.1 Normative Wissensziele . . . 92
4.3.2 Strategische Wissensziele . . . 93
4.3.3 Operative Wissensziele . . . 95
4.4 Identifikation von Wissen . . . 96
4.4.1 Vergangenes Wissen . . . 97
4.4.2 Gegenwärtiges Wissen . . . 98
4.4.3 Zukünftiges Wissen . . . 101
4.5 Methoden zur Festlegung von Forschungszielen . . . 102
4.5.1 Expertenkommissionen . . . 104
4.5.2 Trendbeobachtung . . . 106
4.5.3 Benchmarking . . . 108
4.5.4 Relevanzbäume . . . 109
4.5.5 Bionik . . . 112
4.5.6 Delphi-Methode . . . 113
4.5.7 Szenario-Technik . . . 115
4.5.8 Backcasting . . . 117
4.5.9 Zukunftswerkstätten . . . 119
4.5.10 Empfehlung für einen Methodenmix . . . 120
4.6 Schlussfolgerung: Wissensbedarf mit *Foresight* erkennen . . . 122

5 Steuerung der Wissensproduktion 125
5.1 Aufgaben der Forschungssteuerung . . . 126
5.1.1 Allokation von Ressourcen . . . 127
5.1.2 Qualitätssicherung . . . 127
5.1.3 Gewährleistung von Effizienz . . . 128
5.1.4 Durchsetzung ethischer Einschränkungen . . . 129
5.2 Methoden . . . 129
5.2.1 Selbststeuerung . . . 130
5.2.2 Fremdsteuerung . . . 134

5.2.3 Hybridsteuerung . . . 136
5.3 Eignung der Steuerungsverfahren . . . 141
5.3.1 Bohrs Quadrant . . . 141
5.3.2 Edisons Quadrant . . . 143
5.3.3 Pasteurs Quadrant . . . 144
5.3.4 Linnés Quadrant . . . 147
5.4 Schlussfolgerung: Kopplung Wissenschaft-Politik stärken . . . 148

6 Transfer von Wissen 151
6.1 Intradisziplinäre Wissensverteilung . . . 153
6.1.1 Lehre . . . 153
6.1.2 Tagungen . . . 155
6.1.3 Publikationen . . . 157
6.1.4 Informelle Kontakte . . . 158
6.2 Interdisziplinäre Wissensverteilung . . . 160
6.2.1 Sinn interdisziplinärer Forschung . . . 161
6.2.2 Schwierigkeiten, Ursachen und Gegenmaßnahmen . . . 162
6.2.3 Grenzen interdisziplinärer Forschung . . . 166
6.3 Transdisziplinärer Wissenstransfer . . . 167
6.3.1 Technikgenese . . . 168
6.3.2 Politikberatung . . . 171
6.3.3 Popularisierung . . . 174
6.4 Wissenserwerb im Ausland . . . 176
6.5 Wissen kodifizieren und teilen . . . 177
6.6 Schlussfolgerung: Interdisziplinarität gezielt fördern . . . 178

7 Speicherung von Wissen 181
7.1 Speichermedien . . . 182
7.1.1 Bücher . . . 183
7.1.2 Journale . . . 183
7.1.3 Preprint-Server . . . 184
7.1.4 Alternative Speicherformen . . . 185
7.1.5 Wandel der Publikationsformen . . . 185
7.2 Bibliotheken . . . 186
7.2.1 Bestandsaufbau . . . 186
7.2.2 Bestandserschließung . . . 187
7.2.3 Bestandsaufbewahrung . . . 187
7.2.4 Bestandsvermittlung . . . 188
7.2.5 Informationsdienste . . . 189
7.3 Wissensbewertung . . . 189
7.3.1 Qualitätsmerkmale . . . 192
7.3.2 Peer Review . . . 193
7.3.3 Qualitätssicherung beim Publizieren . . . 195
7.3.4 Wissenschaftliches Fehlverhalten . . . 197
7.3.5 Qualitäts- und Effizienzmessung durch quantitative Indikatoren . . . 199
7.4 Entwicklungstendenzen . . . 204
7.4.1 Explodierende Datenmengen . . . 204
7.4.2 Gefährdete Langzeitspeicherung . . . 205
7.4.3 Krise der Bibliothek . . . 206
7.4.4 Sinkende Gegenwartskonzentration . . . 207
7.4.5 Potentiale elektronischen Publizierens . . . 209
7.5 Schlussfolgerung: Kollektives Gedächtnis gefährdet . . . 212

III Schluss **215**

8 Fazit und Ausblick **217**
8.1 Die Aufgabe: Wissenschaft und Politik besser koppeln 217
8.2 Die Vision: Das *Scout*-Konzept 218
8.3 Schlussbemerkung 225

9 Zusammenfassung **227**

IV Anhang **237**

A Daten zum Wissenschaftswachstum **239**
A.1 Liste aller Hochschulen 244
A.2 Professoren und Hochschulen 254
A.3 Ausgaben für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung 258

B Fallstudie: Prospektion von Zukunftstechnologien **261**
B.1 Auftrag und Genese des Projekts 261
B.2 Ablauf des Projekts 262
B.3 Evaluation des Projekts 265
B.4 Kriterienraster der Technologiebibliothek 267
B.5 Kriterienraster der vertieften Analyse 269

C Vision: Dynamische Journale **271**
C.1 Prinzip 271
C.2 Technik 272
C.3 Innovationen 273
C.4 Nutzen und Mehrwert 275
C.5 Realisierungschancen 275

Literatur **277**

Abkürzungsverzeichnis **291**

Abbildungsverzeichnis **293**

Tabellenverzeichnis **295**

Register **297**

Teil I

Hinleitung

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Einordnung in die Wissenschaftslandschaft

Die vorliegende Arbeit lässt sich dem Gebiet der Wissenschaftsforschung zurechnen. Gegenstand der Wissenschaftsforschung ist die Wissenschaft selbst und ihre Beziehungen zur gesellschaftlichen Umwelt. Die im deutschen Sprachraum üblich gewordene Bezeichnung *Wissenschaftsforschung* deckt in etwa das ab, was im Englischen als *Science of Science*, *Science Policy Studies* oder *Science and Technology Studies* bezeichnet wird.

Nun ist Wissenschaft schon ein Reflexionsgegenstand in verschiedenen Disziplinen gewesen, bevor die Idee einer *Science of Science* aufkam. Der erste Vorschlag für ein gemeinsames Forschungsprogramm einer neu zu gründenden Disziplin Wissenschaftsforschung wurde 1936 von den polnischen Wissenschaftlern Marja Ossowska und Stanislaw Ossowski vorgelegt.[1] Nach ihren Vorstellungen sollte die Wissenschaftsforschung die Wissenschaftsphilosophie, die sich mit methodologischen Problemen, der Abgrenzung der Wissenschaft gegen andere Weisen der Wissenserzeugung etc. befasst, die Wissenschaftssoziologie, die die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft untersuchen sollte, weiter die Wissenschaftspsychologie für Analysen von Forschertypen und Forschungstätigkeiten, sodann einen am ehesten politisch-ökonomisch zu nennenden Fachbereich, der sich organisatorischen und wissenschaftspolitischen Fragen widmen sollte, sowie die Wissenschaftsgeschichte umfassen. Die Fragestellungen und Methoden dieser Disziplinen sollten in einer interdisziplinären Zusammenarbeit unter einem gemeinsamen Dach zusammengeführt und um eigene ergänzt werden.
Neben Ossowska und Ossowski werden als frühe Autoren, die wesentliche Beiträge zur Begründung des neuen Fachs geleistet haben, in Überblicksarbeiten[2] genannt:

- der Biophysiker und Szientometriker Alfred J. Lotka (1880 - 1949),
- der Wissenschaftssoziologe Robert K. Merton (1910 - 2003),
- der Kristallograph und Wissenschaftshistoriker John D. Bernal (1901 - 1971),
- der Physiker und Wissenschaftshistoriker Derek J. de Solla Price (1922 - 1983).

[1] Marja Ossowska und Stanislaw Ossowski, *The Science of Science*, Organon **1** (1936), S. 1 - 12.

[2] U. Felt, H. Nowotny und K. Taschwer, *Wissenschaftsforschung. Eine Einführung*, Campus Frankfurt/Main 1995; I. S. Spiegel-Rösing, *Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftssteuerung*, Athenäum Frankfurt/Main 1973.

In Deutschland hat sich besonders PETER WEINGART um die Etablierung des Faches verdient gemacht. Nichtsdestotrotz führt die Wissenschaftsforschung bis heute eine eher randständige Existenz. Faktisch ist sie in Deutschland nur mit dem Institut für Wissenschafts- und Technikforschung an der Universität Bielefeld institutionalisiert; in Zusammenarbeit mit diesem Institut entstand auch die vorliegende Arbeit. Nicht ohne Häme schreibt der Konstanzer Wissenschaftsphilosoph JÜRGEN MITTELSTRASS:

> [Die Wissenschaftsforschung] verfolgt die gute Absicht, den Wissenschaftsprozeß selbst analytisch und kritisch zu begreifen, gibt sich wissenschaftssystematisch gesehen aber entweder mit dem zufrieden, was an Krümeln vom Tisch der etablierten Fächer fällt, oder träumt von einem Monstrum, genannt ‚multidisziplinäre Aggregatwissenschaft'.
>
> Jürgen Mittelstraß (1998), *Die Häuser des Wissens*, S. 32

Inhaltlich beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit Fragen des Wissenschaftsmanagements und der Forschungssteuerung. Dieses Thema war besonders in den 60er und 70er Jahren weltweit ein wichtiges Arbeitsfeld der Wissenschaftsforschung. Die größte Zahl der Arbeiten zu diesem Thema stammt aus dieser Zeit.[3] Die Jahrzehnte danach sind vor allem von wissenschaftssoziologischen Untersuchungen geprägt, die sich der konstruktivistischen Denkrichtung zuordnen lassen.[4]

Mitte der 90er Jahre gewann die Debatte über Forschungssteuerungsverfahren nicht nur in der deutschen Forschungspolitik wieder an Bedeutung. Unter dem Eindruck schwindender Finanzierungsspielräume für die Forschung konzentrierten sich viele hochentwickelte Länder auf Maßnahmen zur Effizienzerhöhung in ihrem Wissenschaftssystem. Auch in Deutschland kam das Wissenschaftssystem auf den Prüfstand. In begrenztem Rahmen wurde die Forschungssteuerung modifiziert und z. B. mit Delphi-Befragungen zur Forschungsprospektion experimentiert.[5]

Die akademische Wissenschaftsforschung reagierte zumindest in Deutschland kaum auf die wissenschaftspolitischen Debatten. Aufmerksamkeit innerhalb der deutschsprachigen Wissenschaftsforschung provozierten lediglich Gibbons et al. (1994) mit ihrer These, dass der überkommene Modus der wissenschaftlichen Wissenserzeugung durch eine neue Weise, *Mode 2* genannt, abgelöst werde.[6] Charakteristisch für den *Mode 2* sei, dass Forscher sich an gesellschaftlichen Problemen orientieren, transdisziplinär vorgehen, in temporären Teams arbeiten und die Bindung von Wissen an einen Praxiskontext einem verallgemeinerten Wahrheitsanspruch vorziehen.

Die vorliegende Arbeit möchte dazu beitragen, die Lücke zwischen wissenschaftspolitischer Praxis und ihrer Reflexion in der Wissenschaftsforschung zu schließen. Hintergrund der Arbeit ist ein mehrjähriges Projekt am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie,

---

[3] Darunter z. B. Shils (1968), Krauch (1966, 1970a/b), Spiegel-Rösing (1973), Küppers (1978) und Daele (1979).

[4] Als frühes und einflussreiches Werk sei hier nur genannt: Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*, Sage London 1979.

[5] Beispielsweise wurde die Forschungsmittelvergabe an die Helmholtz- und die Leibnizgemeinschaft um Wettbewerbselemente ergänzt, wie man bei Finetti [Red.], *Pro Wissenschaft*, Raabe Stuttgart 1999, S. 30ff. nachlesen kann. Die Bemühungen um eine Wissenschaftssteuerung, die sich Methoden der Forschungsprospektion bedient, finden ihren Niederschlag u. a. in: *Empfehlungen zu einer Prospektion der Forschung*, Wissenschaftsrat Köln 1994; *Pilotstudie zu einer Prospektion der Forschung anhand ausgewählter Gebiete*, Wissenschaftsrat Köln 1998; *Delphi-Bericht 1995 zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik*, BMBF Bonn 1996.

[6] Michael Gibbons, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott und Martin Trow, *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research*, Sage London 1994.

das im Auftrag des Nordrhein-Westfälischen Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr eine Priorisierungsempfehlung für die künftige Forschungs- und Technologiepolitik des Landes im Energiesektors ausgearbeitet hat. Dieses Projekt hat eine Reihe grundsätzlicher Fragen aufgeworfen, aus denen sich die vorliegende Arbeit entwickelt hat.

1.2 Problemaufriss: Wandel zur Koevolutionswissenschaft

Wir leben heute in einer verwissenschaftlichten Welt. Die Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse hat jedoch nicht immer nur die gewünschten, positiven Folgen. Unbedachte Nebenfolgen früherer Entwicklungen bilden die gewaltigen Herausforderungen, vor denen heute alle modernen Gesellschaften stehen. Stellvertretend seien genannt:

- Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen
- Demographischer Wandel und dessen Auswirkungen auf soziale Sicherungssysteme
- Balance zwischen Leistungsfähigkeit und inter-/intragenerationaler Gerechtigkeit
- Übergang von der Industrie- zur Wissensgesellschaft

Zwar sind diese Herausforderungen durch Wissenschaft und Technik mit hervorgerufen worden, aber dies ist kein Argument gegen Wissenschaft als solche. Denn ohne Wissenschaft und Technik wären diese Herausforderungen auch nicht erkannt worden, noch wären sie ohne sie zu bewältigen. Besonders deutlich wird dies am Beispiel der globalen Umweltveränderungen. Der Mensch hat es durch wissenschaftliche Einsicht in Naturgesetze vermocht, sich natürliche Ressourcen wie Kohle und Erze für seine Zwecke zu Nutze zu machen. Dabei hat er jedoch unbedachte Prozesse in Gang gesetzt, die seine eigenen Lebensgrundlagen gefährden. Wissenschaftliche Forschung ist es wiederum aber auch, die uns diese Naturschranken gewahr werden lässt, die alle menschlichen Aktivitäten prinzipiell limitieren. PETER HENNICKE erklärt den Begriff der „Naturschranke“ so:

> Mit der bildhaften Metapher der ‚Naturschranke‘ ist gemeint, dass die Natur den anthropogen verursachten Eingriffen in natürliche Kreisläufe Grenzen setzt, die nur unter Inkaufnahme von inakzeptablen Risiken überschritten werden können. [...] Naturschranken bilden also keine starren Grenzen, und sie können eher in Bandbreiten als mit eindeutig definierten Grenzwerten bestimmt werden. [...] Gemeinsam ist allen diesen dynamischen Prozessen, dass wesentliche natürliche Existenzgrundlagen für Menschen auf regionaler oder globaler Ebene mit hohem Risiko und häufig irreversibel geschädigt werden können.
>
> Peter Hennicke (2002), *Nachhaltigkeit – ein neues Geschäftsfeld?*, S. 11

Der Wissenschaft kommt heute die Aufgabe zu, zum einen durch präzise Beobachtung solche Begrenzungen des menschlichen Tuns möglichst frühzeitig aufzudecken und zum anderen auch Wege aufzuzeigen, wie man innerhalb der von ihnen gesetzten „ökologischen Leitplanken“ leben und wirtschaften kann. Dies lässt sich nicht ein für alle Mal mit Sicherheit beantworten, sondern setzt kontinuierliche Forschungsbemühungen voraus, um die notwendigerweise unter Unsicherheit stattfindenden lebenspraktischen Entscheidungen auf eine möglichst solide Basis zu stellen.
HANS-JOACHIM SCHELLNHUBER hat die *Parabel von La Trinidad*[7] entworfen, um zu illustrieren, in welcher Situation wir uns heute befinden: Das kleine Pyrenäendorf La Tri-

[7] H.-J. Schellnhuber, *Die Koevolution von Natur, Gesellschaft und Wissenschaft*, GAIA **10** (2001) Heft 4, S. 258 - 262.

nidad, auf einer abgeschiedenen Felskanzel gelegen, wird von ständig neuen und gefährliche Ausmaße annehmenden Rissen im Felsuntergrund bedroht. Über die Ursachen der Rissbildung kursieren die verschiedensten Hypothesen im Dorf. Eine Expertenkommission, die vergleichbare Fälle und das vorhandene Bibliothekswissen studiert, muss resigniert feststellen, dass kausale Gewissheit nur durch aufwendige Messungen über mehrere Jahrzehnte hinweg zu erzielen sei. Bis dahin könne die Felskanzel längst in die Noguera, den Fluss unterhalb von La Trinidad, gefallen sein und die Bewohner des Bergdorfs mit in den Tod gerissen haben. Nach hitziger öffentlicher Debatte beschließen die Dorfbewohner, La Trinidad nicht aufzugeben und einen Rettungsausschuss einzusetzen, der alle Beobachtungen fortlaufend sammeln und Gegenmaßnahmen ersinnen solle. Der Rettungsausschuss kommt zu der Ansicht, die wahrscheinlichste Ursache der Risse sei darin zu suchen, dass die Wasserkissen im Wirtsberg von La Trindidad aufgrund veränderter Landnutzung in sich zusammengesunken seien und so geologische Kettenreaktionen ausgelöst hätten. Durch Verbot von Handlungen, die im Lichte der vorläufigen Erkenntnisse als möglicherweise gefahrbringend eingestuft werden, und Rettungsmaßnahmen für bedrohte Teile des Dorfes gelingt es dem Rettungsausschuss, zumindest Teile von La Trindidad zu bewahren.

La Trinidad ist überall. Die Parabel beschreibt die allgemeine Situation, in der die Menschheit sich heute befindet, am fiktiven Beispiel. Die Entwicklung von Natur, Gesellschaft und Erkenntnis verläuft koevolutiv: Neue wissenschaftliche Erkenntnisse ermöglichen neue Techniken, die die Gesellschaft und deren natürliche Basis verändern. Diese Veränderungen werden wiederum von der Wissenschaft registriert. Die auf Erkenntnis des Unbekannten gerichtete Forschung nimmt permanent die Unsicherheiten wahr, unter denen sich unser Handeln in der heutigen Welt schnellen technologischen und sozialen Wandels vollzieht. Die Wissenschaft entdeckt nicht nur diese Unsicherheiten, sie ist wiederum auch aufgerufen, diese Unsicherheiten zu verringern und Praxisstrategien aufzuzeigen, um potentielle Gefahren, die aus dem Wandel von Gesellschaft und Natur resultieren, zu meiden. Die Wissenschaft ist seit ihrem Fruchtbarwerden für den technologischen Fortschritt die treibende Kraft dieser Koevolution geworden. Die moderne Welt ist eine *Leonardo-Welt*, in der wir auf Schritt und Tritt den Resultaten gereifter wissenschaftlicher Blütenträume begegnen. Die Forderung nach einer zweiten, einer *reflexiven Moderne* weist jedoch darauf hin, dass die letztlich wissenschaftinduzierte Veränderung von Gesellschaft und Natur nun völlig neue Anforderungen an die Wissenschaft stellt, da sie sich nun auch mit ungewollten Nebenwirkungen des Fortschritts auseinander setzen muss.[8] HELGA NOWOTNY kommentiert die SCHELLNHUBERsche Parabel deshalb so:

> Die alles übertönende Botschaft, die in der Geschichte angelegt und im begleitenden Text klar formuliert wird, lautet in täuschender Einfachheit: *Das Wissenschaftssystem muß sich neu erfinden.* [...] *Koevolutionswissenschaft* ist eine anspruchsvolle begriffliche Neuschöpfung, die das existierende Wissenschaftssystem mit seinen systematisch produzierten, neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen auffordert, auch die gar nicht absehbaren Folgen in seine epistemologischen Grundlagen, seine Fragestellungen und Methoden selbst-reflexiv mit einzubeziehen.
>
> Helga Nowotny (2001), *Vom Geschichtenerzählen zur Koevolutionswissenschaft*, S. 263

[8] Der Ausdruck „Leonardo-Welt“ stammt von JÜRGEN MITTELSTRASS, während die Rede von der „reflexiven Moderne“ auf ULRICH BECK zurückgeht. Vgl. hierzu Jürgen Mittelstraß, *Leonardo-Welt. Über Wissenschaft, Forschung und Verantwortung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1992 bzw. Ulrich Beck, *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1986.

SCHELLNHUBER gehört zu einer Gruppe von *Global-Change*-Forschern, die 2001 mit dem Aufruf zur Begründung einer *Sustainability Science* – von SCHELLNHUBER mit *Koevolutionswissenschaft* ins Deutsche übersetzt – an die Öffentlichkeit getreten sind.[9] In ihrer Stoßrichtung stimmen sie mit der u. a. von NOWOTNY vertretenen wissenschaftssoziologischen Strömung überein, die unter dem Etikett *Mode 2* einen Wandel der Wissenschaft hin zur „Produktion sozial robusten Wissens" proklamiert, weil die Wissenschaft die gesellschaftliche Wirkung des von ihr produzierten Wissens unmittelbar berücksichtigen müsse. Die empirischen Belege, in welchem Ausmaß es einen solchen Wandel der Wissenschaft tatsächlich bereits gibt, sind jedoch bisher eher schwach.[10]

Dass sich die Wissenschaft den in der Parabel von La Trinidad angedeuteten neuen Aufgaben stellen muss, ist unbestritten. Offen ist jedoch, ob das heutige Wissenschaftssystem in einer geeigneten Verfassung ist, um diese neuen Aufgaben optimal wahrzunehmen. Um diese Frage zu beantworten, bedarf es zunächst einer gründlichen Bestandsaufnahme, wie das heutige Wissenschaftssystem funktioniert. Erst auf dieser Basis lassen sich konkrete Ideen und Handlungsvorschläge ableiten, in welche Richtung das Wissenschaftssystem weiterentwickelt werden könnte, um den neuen Aufgaben gerecht zu werden. Die vorliegende Arbeit versucht, zu dieser doppelten Aufgabe einen Beitrag zu leisten.

Um die gegenwärtigen Wissensprozesse in der Wissenschaft umfassend zu beschreiben, schien es bei der Konzeption der vorliegenden Arbeit vielversprechend, das Instrumentarium der Wissensmanagement-Debatte auf ein nationales Wissenschaftssystem anzuwenden. Das Thema *Wissensmanagement* hat in den letzten Jahren sowohl in Soziologie und Wirtschaftswissenschaften als auch in der Unternehmenspraxis eine starke Beachtung erfahren, um Wissensprozesse innerhalb von Organisationen zu beschreiben und zu verbessern. In dieser Arbeit sollen die von GILBERT PROBST[11] entwickelten Bausteine des Wissensmanagements exemplarisch auf das deutsche Wissenschaftssystem übertragen werden. Daraus ergeben sich die zentralen Schritte der Dissertation, die ältere und neuere Diskussionen aus der Wissenschaftsforschung unter dem Blickwinkel des Wissensmanagements zusammenführt. Das vorhandene Material wurde dafür an das verwendete Analyseraster angepasst und um fehlende Teile ergänzt. Am Ende der vier zentralen Kapitel wird dann jeweils rückblickend gefragt, ob die heutige Wissenschaftsorganisation für den Wandel zur Koevolutionswissenschaft gerüstet ist und wo gegebenenfalls Änderungsbedarf besteht. Dabei orientiert sich die Dissertation an folgenden **Leitfragen**:

Ist die gegenwärtige Wissenschaftsorganisation geeignet, die Wissenschaften für die Lösung von gesellschaftlich als relevant angesehenen Problemen fruchtbar zu machen? Wie kann eine für dieses Anliegen geeignete Forschungssteuerung aussehen? Werden drohende Gefahren von der Wissenschaft rechtzeitig antizipiert? Sind die Voraussetzungen gegeben, um Wissen aus verschiedenen Gebieten in interdisziplinärer Zusammenarbeit zu praxiswirksamen Handlungsvorschlägen zusammenführen zu können? Wird Wissen in adäquater Weise zugänglich vorgehalten, um rasch darauf zugreifen zu können?

[9] Der Originalaufruf erschien 2001 in der Zeitschrift *Science*: R. W. Kates, W. C. Clark, R. Corell, J. M. Hall, C. C. Jaeger, I. Lowe, J. J. McCarthy, H. J. Schellnhuber, B. Bolin, N. M. Dickson, S. Faucheux, G. C. Gallopin, A. Grübler, B. Huntley, J. Jäger, N. S. Jodha, R. E. Kasperson, A. Mabogunje, P. Matsan, H. Mooney, B. Moore III, T. O'Riordan, U. Svedin, *Sustainability Science*, Science **292** (2001), S. 641 - 642.

[10] Siehe hierzu etwa den Beitrag von Peter Weingart, *Neue Formen der Wissensproduktion: Fakt, Fiktion, Mode*, TA-Datenbanknachrichten **8** (1999) Nr. 3/4, S. 48 - 57.

[11] Vgl. die Einleitung zu Teil II der Arbeit oder Gilbert Probst, Steffen Raub und Kai Romhardt, *Wissen managen*, Gabler Wiesbaden 1997.

1.3 Gliederung der Arbeit

Teil I der Arbeit führt zur zentralen Themenstellung der Arbeit hin. Zunächst werden im Kapitel 2 der empirische Untersuchungsgegenstand der Arbeit, das deutsche Wissenschaftssystem, ausgeleuchtet sowie grundlegende Modellüberlegungen entwickelt, auf die in den Folgekapiteln zurückgegriffen wird. Kapitel 3 nimmt die von PRICE 1963 aufgestellte Prognose drohender Sättigung des Wissenschaftswachstums zum Anlass, das Wissenschaftswachstum in Deutschland empirisch zu untersuchen und aus den gefundenen Resultaten Konsequenzen für die zukünftige Wissenschaftsorganisation abzuleiten.

Teil II führt in der Überleitung kurz in die Wissensmanagement-Debatte ein. Die folgenden vier Kapitel sind jeweils einem bzw. zwei zentralen Bausteinen eines jeden Wissensmanagements gewidmet. Wissensmanagement beginnt mit der Analyse des Wissensbedarfs und der Festlegung von Wissenszielen. Da Wissensziele in der Wissenschaft wesentlich Forschungsziele sind, umfasst Kapitel 4 auch die Möglichkeiten zur Identifikation von (zukünftigem) Wissen. Kapitel 5 beschäftigt sich mit der Steuerung der Wissensproduktion und der Eignung der verschiedenen Verfahren der Forschungssteuerung. Kapitel 6 fasst die Wissensnutzung und -verteilung unter „Wissenstransfer“ zusammen. Im Kapitel 7 werden Wissenspeicherung und -bewertung behandelt.

Teil III zieht das Fazit aus den vorangegangenen Erkenntnissen und gibt einen Ausblick auf die Zukunft (Kapitel 8). Eine Zusammenfassung der wesentlichen Argumente der Arbeit (Kapitel 9) rundet die Darstellung ab.

Im **Anhang** finden sich die Originaldaten der empirischen Untersuchung zum Wissenschaftswachstum, eine Fallstudie über das am Wuppertal Institut durchgeführte Projekt zur Priorisierung von Zukunftstechnologien, eine Vision für die Zukunft der wissenschaftlichen Fachzeitschrift sowie das Literatur- und Stichwortverzeichnis.

Kapitel 2

Modellvorstellungen

In diesem und im nächsten Kapitel soll zunächst das Terrain der Untersuchung abgesteckt und ausgeleuchtet werden, um Begriffe und Grundlagen für die Hauptuntersuchung im Teil II der Arbeit zur Verfügung zu stellen. Neben dem Fokus auf die Wissenschaft muss dabei auch ein Blick auf das Verhältnis von Wissenschaft und Technik gelenkt werden, weil die Wissenschaft insbesondere über die Technik in die Lebenspraxis hineinwirkt und auf diesem Wege zu den eingangs erwähnten Herausforderungen beigetragen hat.
Der **Abschnitt 2.1** klärt grundlegende Begriffe und zeichnet die Entwicklung des deutschen Wissenschaftssystems nach. Der nachfolgende **Abschnitt 2.2** präsentiert eine gängige Modellvorstellung für den Zusammenhang von Wissenschaft und Technik, deren bekannte Kritikpunkte und diskutiert vorgeschlagene Alternativen. Die anschließenden **Abschnitte 2.3 und 2.4** widmen sich dem Entwurf einer eigenen Modellvorstellung, die den nachfolgenden Überlegungen zugrunde liegt. Der **Abschnitt 2.5** untersucht die Ursachen der Aufspaltung der Wissenschaft in Fächer und Disziplinen, um die Hindernisse für interdisziplinäres Arbeiten besser zu verstehen. Der juristischen Rahmen der Wissenschaft wird im **Abschnitt 2.6** kurz gestreift, da jede Wissenschaftssteuerung ihr Verhältnis zur grundgesetzlich verankerten Freiheit von Forschung und Lehre bestimmen muss. Die Überleitung zum Kapitel 3 bildet der **Abschnitt 2.7** über die Dynamik von Wissenschaft und Technik.

2.1 Allgemeines

Zuerst sind einige grundlegende Begriffe zu klären: Was ist *Wissen*? Was ist *Technik*? Was soll unter *Wissenschafts-* und *Technologiesystem* verstanden werden? Danach soll sich der historischen Entwicklung des deutschen Wissenschaftssystems vergewissert werden, um zu wissen, worüber im Folgenden eigentlich gesprochen wird.

2.1.1 Zum Begriff „Wissen“

In dieser Arbeit soll das Instrumentarium der Wissensmanagement-Debatte auf ein nationales Wissenschaftssystem übertragen werden. Managen kann man etwas aber nur, wenn man weiß, worum es sich dabei handelt. Deshalb soll zunächst in einiger Ausführlichkeit der Frage nachgegangen werden, was Wissen denn eigentlich sei.
Diese Frage beschäftigt die Philosophen seit 2.500 Jahren. Eine allseits überzeugende Antwort wurde bisher nicht gefunden. Dennoch haben die in die griechische Antike zurückreichenden Klärungsversuche das abendländische Denken tiefgreifend geprägt. Zur philo-

sophischen Tradition sind im 20. Jahrhundert kommunikationstheoretische und sozialwissenschaftliche Sichtweisen hinzugekommen, die eine Reihe nützlicher Unterscheidungen bereitstellen. Zusammen können die verschiedenen Perspektiven bei der Klärung helfen, was wissenschaftliches Wissen und technisches Know-how von anderen Wissensformen unterscheidet.

Philosophische Tradition

> ἔφη δὲ τὴν μὲν μετὰ λόγου ἀληθῆ δόξαν ἐπιστήμην εἶναι.
> (Und er sagte aber, dass mit Begründung verbundene wahre Meinung Wissen sei.)
>
> Platon, *Theätet*, 201d

Im Dialog *Theätet* lässt PLATON (427 - 347 v. u. Z.) den jungen THEAITETOS, dem die Entdeckung der irrationalen Zahlen zugeschrieben wird, und SOKRATES darüber diskutieren, was Wissen sei. THEAITETOS macht die Definitionsversuche *Wissen = Wahrnehmung* und *Wissen = wahre Meinung*, muss aber auf SOKRATES' Nachfragen hin einsehen, dass sie ungenügend sind. Der letzte im Dialog gemachte Vorschlag, *Wissen sei wahre, begründete Meinung*, endet in der Aporie. Die Definition ist sinnvoll, aber undurchführbar: Wissen setzt zu seiner Begründung bereits Wissen voraus. Man weiß nur etwas, wenn auch die gegebene Erklärung bereits wahr ist.[1]
Alle drei Komponenten des Definitionsversuchs – Meinung, Begründung, Wahrheit – sind im abendländischen philosophischen Denken immer wieder aufgegriffen worden. Gleichzeitig wurden sie aber fortwährend problematisiert, so dass heute mehr Klarheit über die Schwierigkeiten denn über die Lösung der Frage herrscht, was Wissen auszeichnet.

Meinung Im logozentristischen Europa hat die Auffassung, Wissen sei sprachlich in Form von Aussagen ausdrückbar, stets die meisten Anhänger gehabt. Doch lässt sich (jede) Wahrheit wirklich sprachlich erfassen? Muss nicht manches einfach ungesagt bleiben, weil man darüber nicht sprechen kann? Wissen wir nicht manchmal mehr, als wir zu sagen wissen?
Vor allem in den Sozialwissenschaften wird der Wissensbegriff häufig auch auf den nichtsprachlichen Bereich ausgedehnt – etwa dann, wenn man bei den nonverbalen Fähigkeiten und Kenntnissen eines Menschen von *Tacit Knowledge* spricht, oder wenn man Organismen und Organisationen die Fähigkeit zu lernen zuspricht.

Wahrheit Wissen ist mit Wahrheit aufs Engste verknüpft, doch die Ausdeutung des Wahrheitsbegriffs hat in der Philosophie zu schärfsten Kontroversen geführt.[2] Ist Wahrheit als ewige Gegenwart zu denken – als das zu jeder Zeit Gültige? Erscheint sie als Unverborgenheit – als das sich jeweils Zeigende? Kommt sie in der Gestalt mathematisch formulierter Gesetze daher oder als unmittelbare Evidenz des jeweils Wahrgenommenen? Gibt es Wahrheit nur im Bereich des vom Menschen Gemachten – sind Machbarkeit und

[1] Ein aktuelle und eingehende Besprechung des Dialogs findet man bei Jörg Hardy, *Platons Theorie des Wissens im Theaitet*, Vandenhoeck & Ruprecht Göttingen 2001.

[2] Einen Überblick zum Stand der Debatte über Wahrheitstheorien bieten u. a. Lorenz Bruno Puntel, *Wahrheitstheorien in der neueren Philosophie*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt 1993; Gunnar Skirbekk [Hrsg.], *Wahrheitstheorien. Eine Auswahl aus den Diskussionen über Wahrheit im 20. Jahrhundert*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1977; Arno Hoven, *Wege zur Wahrheit. Eine typologische Studie über Wahrheitstheorien*, Lang Frankfurt/Main 1989.

Nützlichkeit Bedingungen für Wahrheit? Ist Wahrheit bloß eine regulative Idee, oder liegt sie im Sein begründet? Ist wahr, worüber Konsens besteht?
Die beiden einflussreichsten Konzeptionen von Wahrheit sind als Korrespondenz- bzw. Kohärenztheorien der Wahrheit bekannt. *Korrespondenztheorien* fassen Wahrheit als Übereinstimmung von Aussagen mit Tatsachen auf, also als eine Relation zwischen Sprache und Welt. Prototypisch für eine solche Auffassung ist die Äußerung „veritas est adaequatio rei et intellectus“ des THOMAS VON AQUIN.[3] *Kohärenztheorien* dagegen verweisen darauf, dass uns die Dinge als solche nicht gegeben sind und über Wahrheit nur innersprachlich entschieden werden kann. Kohärenztheoretische Konzeptionen versuchen daher, Mengen wahrer Aussagen durch Eigenschaften wie Widerspruchsfreiheit, Zusammenhängigkeit und Vollständigkeit vor anderen auszuzeichnen.

Begründung Wissen soll im Unterschied zu bloßen Meinungen wahr sein. Doch wie stellt man die Wahrheit einer Behauptung fest?
Meinungen müssen gerechtfertigt werden, um als Wissen gelten zu können. Die Rechtfertigung muss dabei nach festgelegten Regeln erfolgen, und zwar entweder durch andere Aussagen, d. h. logisch, oder durch Aufweis von Wahrnehmungen, d. h. phänomenal. Ein letztgültiger Geltungsgrund lässt sich jedoch nie aufweisen, wie HANS ALBERT[4] mit seinem Münchhausen-Trilemma illustriert: Man kann sich nicht wie Baron Münchhausen am eigenen Schopfe aus dem Sumpf ziehen, weil jede Begründung entweder

1. in einen unendlichen Regress gerät,
2. in einen logischen Zirkel führt oder
3. an einer willkürlichen Stelle abbricht.

Die Frage, was Wissen eigentlich ist, führt auf schwierige philosophische Probleme. Die aporetischen Antwortversuche demonstrieren, auf welch unsicherem Grund nicht nur die Wissenschaftstheoretiker, sondern auch die Wissenschaftler operieren. Wissenschaft produziert etwas, von dem niemand sagen kann, was es ist, noch, welchen Geltungsgrund es für sich beanspruchen kann. Das Bonmot „Forschung wird dann betrieben, wenn man nicht sagen kann, was man gerade tut.“ hat wohl im doppelten Sinne recht. Um dennoch zu einer begrifflichen Eingrenzung *wissenschaftlichen Wissens* kommen zu können, sollen zunächst einige nützliche Unterscheidungen eingeführt werden, die sich aus sozialwissenschaftlichen Annäherungen an den Wissensbegriff ergeben.

Kommunikationstheoretische Tradition

Interessant an der kommunikationstheoretischen Tradition ist ihr Versuch, die Unterschiede zwischen den Begriffen *Zeichen*, *Daten*, *Information* und *Wissen* herauszuarbeiten und dadurch zu einer Klärung des Wissensbegriffs zu kommen. Der Verfasser möchte sich an dieser Stelle auf HELMUT WILLKE[5] stützen. Ausgangspunkt der von WILLKE vertretenen Denkrichtung ist es, dass es Daten, Informationen und Wissen nicht per se gibt, sondern nur für „beobachtende Systeme“.

[3] Sinngemäß „Wahrheit ist die Übereinstimmung von Sache und Verstand“, zitiert nach Hoven (1989), S. 16.
[4] Vgl. Hans Albert, *Trakat über kritische Vernunft*, Mohr Tübingen 1968, S. 13.
[5] Helmut Willke, *Systemisches Wissensmanagement*, Lucius & Lucius Stuttgart 1998.

Daten werden von „beobachtenden Systemen“ vermöge ihrer Beobachtungsinstrumente generiert. „Besonders wichtige Instrumente der Beobachtung sind Ideen, Konzeptionen, Vorurteile, Ideologien, Theorien etc., insgesamt die kognitiven ‚Landkarten‘ in den Köpfen der Beobachter. Sie bestimmen, was gesehen wird und was nicht. [...] Daten müssen in irgendeiner Form codiert sein.“[6] Codierungssysteme beruhen auf *Zeichen*, die für das beobachtende System für etwas anderes als sich selbst stehen.

„Aus Daten werden *Informationen* durch Einbindung in einen ersten Kontext von Relevanzen, die für ein bestimmtes System gelten.“[7] Da zwei Systeme nicht dieselben Relevanzkriterien haben, ist Informationsaustausch in einem strikten Sinn unmöglich: „Was dem scheinbaren Informationsaustausch zugrunde liegt, ist ein komplizierterer Prozeß. Er besteht darin, daß ein System (Ego) eine Information als Signal in Form einer codierten Beobachtung abgibt. Für jedes andere System (Alter) ist dieses Signal nichts anderes als ein Datum, und dies auch nur, wenn es mit seiner Ausstattung an Instrumenten das Signal beobachten kann. Alter kann nun dieses Datum am Maßstab seiner spezifischen Relevanzen bewerten und daraus eine Information konstruieren. Klar ist, daß dies für Ego eine andere Information ist als für Alter.“[8] Allerdings werden die Unterschiede nicht so gravierend sein, wenn Alter und Ego über eine gemeinsame Kommunikationspraxis verfügen, die dafür sorgt, dass sich ihre Beobachtungsinstrumente und Relevanzkriterien nicht so sehr unterscheiden.

„Aus Information wird *Wissen* durch Einbindung in einen zweiten Kontext von Relevanzen. Dieser Kontext besteht nicht, wie der erste, aus Relevanzkriterien, sondern aus bedeutsamen Erfahrungsmustern, die das System in einem speziell dafür erforderlichen Gedächtnis speichert und verfügbar hält.“[9]

Auch wenn man Willkes Explikationen nicht stur folgt, so halten sie doch einige interessante Gedanken bereit: Wissen, über das beobachtende Systeme wie der Mensch verfügen, besteht aus codiert vorliegenden Daten, die um Relevanzbewertungen und assoziative Einbettung in Erfahrungskontexte ergänzt worden sind. Wissen lässt sich zwischen Menschen nur indirekt über Signale transferieren, wobei Sender und Empfänger i. a. etwas anderes meinen, da jeder andere Relevanzbewertungen und Assoziationen[10] zugrunde legt. Missverstehen ist also die Regel, das nur durch gemeinsame Praxis in erträglichem Rahmen gehalten werden kann.

Für die späteren Überlegungen zur Wissensspeicherung bleibt als wichtiges Resultat festzuhalten: Um Wissen speichern zu können, muss man neben den nackten Daten auch deren Relevanz und Assoziationen mit speichern können, sonst sollte man besser von einer Daten- statt von einer Wissensspeicherung sprechen. Kodifiziert vorliegendes Wissen muss in eine lebendige Praxis eingebunden bleiben, sonst wird es irgendwann nicht mehr verstanden – so wie wir heute Mühe haben, das Denken der griechischen Antike aus den verbliebenen Texten zu rekonstruieren.

[6] Willke (1998), S. 7.
[7] Willke (1998), S. 8, Hervorhebung von mir.
[8] Willke (1998), S. 9.
[9] Willke (1998), S. 11, Hervorhebung von mir.
[10] Wenn man die Assoziationen und Erfahrungskontexte als Begründungen bzw. Erklärungen deutet, dann lässt sich die kommunikationstheoretische Auslegung von Wissen an die philosophische anschließen.

Nützliche Unterscheidungen

Während die philosophische Denktradition sich vor allem mit den Schwierigkeiten des Wahrheitsbegriffs beschäftigt hat, haben sozialwissenschaftliche Annäherungen an den Begriff „Wissen“ einige neue Aspekte und Differenzierungen ans Tageslicht gebracht. An dieser Stelle sollen einige Unterscheidungen zwischen verschiedenen Arten von Wissen eingeführt werden, die sich an späteren Stellen der Arbeit als nützlich erweisen werden. Der Sprachgebrauch lehnt sich dabei an andere Autoren an, folgt ihnen aber nicht unbesehen.[11]

Speicherweise Wissen kann auf sehr verschiedene Weise gespeichert vorliegen. *Kodifiziertes Wissen* wurde vom Menschen in Symbolen kodiert und in einem Symbolspeicher (z. B. Buch) aufbewahrt. Bedeutung erhalten Symbole aber erst, wenn sie von einem Bewusstsein interpretiert werden. Im engeren Sinne kann daher nur ein Mensch etwas wissen, nicht ein Buch: Man sagt, jemand wisse etwas, wenn er auf Nachfrage die richtige Antwort gibt und diese korrekt begründet. Wissen, das ein Mensch im Gehirn gespeichert hat und das er auf Nachfrage artikulieren kann, soll hier *artikulierbares Wissen* genannt werden. Nicht alles Wissen eines Menschen ist aber problemlos in Worte zu fassen; manche Fähigkeiten und Erfahrungen entziehen sich der Sagbarkeit; Normen und Erfahrungen bestimmen unser Handeln oft unbewusst. Michael Polanyi (1891 - 1976) hat für das unbewusste, unausgesprochene, unreflektierte Wissen eines Menschen den Ausdruck *Tacit Knowledge* (stummes, unbewusstes, implizites Wissen) eingeführt.[12] Wenn man den Wissensbegriff auch über die sprachliche Sphäre hinaus ausdehnt, entdeckt man, dass ein weiterer Teil des menschlichen Wissens in Form von Artefakten und Praktiken, als Technik und Organisationsformen, realisiert vorliegt. Hier könnte man von *artefaktischem Wissen* sprechen. In ähnlicher Weise können auch naturgegebene Dinge implizit Wissen enthalten. In einem sehr weiten Sinn von „Wissen“ ließe sich sagen, dass Pflanzen ein *natürliches Wissen* darüber haben, wie sich aus Kohlendioxid organische Moleküle herstellen lassen. Nicht nur der Mensch, sondern auch andere Organismen haben die Fähigkeit, zu lernen und Wissen (wenngleich unsprachliches) zu erwerben.

Übertragbarkeit und Kopplung Ein- und dasselbe Wissen kann auf verschiedenen Trägern und auch in unterschiedlichen Speicherweisen vorliegen. Die Überführung von einer Speicherweise in eine andere bzw. von einem Träger auf einen anderen kann mehr oder minder leicht sein. Beispielsweise ist das Kopieren kodifizierten Wissens von einem Träger auf einen anderen meist sehr einfach und exakt möglich, während die Übertragung von unbewussten Wissen von einem Menschen auf einen anderen sehr zeitaufwendig und fehlerträchtig ist. Während artikulierbares Wissen einfach in kodifiziertes Wissen überführbar ist, gilt von unbewusstem Wissen das Gegenteil. Einige typische Übertragungsvorgänge zeigt Tabelle 2.1.
Im menschlichen Handeln können aber nur artikulierbares und unbewusstes Wissen wirksam werden. Daher kann es zu einer wichtigen Frage werden, wie eng dieses Wissen an andere Repräsentationsformen desselben Wissens gekoppelt ist, d. h. z. B., wie oft die

[11] In der englischsprachigen Literatur werden z. B. die Begriffe *Implicit/Explicit, Embodied/Disembodied* und *Tacit/ Codified Knowlegde* verwendet. Eine 1 : 1 - Übertragung erwies sich als unmöglich, weil zum einen der Begriffsgebrauch von Autor zu Autor variiert und weil zum anderen manche Explikationen nicht dem hier beabsichtigten Verwendungszweck genügen.

[12] Vgl. Michael Polanyi, *The Tacit Dimension*, Doubleday New York 1966.

von	nach	Vorgang
kodifiziert	kodifiziert	Kopieren
kodifiziert	artikulierbar	Anlesen
kodifiziert/artikulierbar	unbewusst	Verinnerlichen
artikulierbar	artikulierbar	Zuhören
unbewusst/artikulierbar	kodifiziert	Verschriftlichen
unbewusst	artikulierbar	Introspektion
unbewusst	unbewusst	Sozialisation

Tabelle 2.1: Typische Übertragungsvorgänge für Wissen

Übereinstimmung zwischen kodifiziertem und artikulierbarem Wissen geprüft wird. Solche Überlegungen sind wichtig, um z. B. aus der soziologischen Beobachtung von Wissenschaft richtige Schlüsse über die Bedeutung kodifizierten Wissens zu ziehen – die auch dann hoch sein kann, wenn innerhalb des kurzen Beobachtungszeitraumes praktisch nie auf das kodifizierte Wissen zurückgegriffen wird.[13]

Verbreitung Eine typisch sozialwissenschaftliche Fragestellung, die der philosophischen Denkweise eher fremd ist, interessiert sich dafür, wer auf einen bestimmten Wissensbestand Zugriff hat sowie entsprechende Nutzungs- und Verfügungsrechte daran besitzt. Dabei lassen sich drei spezielle Fälle unterscheiden:

individuelles Wissen:	nur ein einziger Mensch besitzt es
kollektives Wissen:	eine beschränkte Gruppe teilt dieses Wissen
öffentliches Wissen:	ist im Prinzip jedermann zugänglich

Nutzung und Verbreitung von Wissen unterliegt juristischen und ökonomischen Zusammenhängen, da Wissen sowohl den Status eines Rechtsguts als auch den einer Ware bekommen kann. Beispielweise ist die Nutzung patentierten Wissens eingeschränkt.

Zeitlicher Modus Scheut man nicht davor zurück, die drei Zeitmodi Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft auch auf Wissen anzuwenden, so kommt man zu einer Unterscheidung zwischen vergangenem, gegenwärtigem und zukünftigem Wissen.

totes Wissen:	in der Vergangenheit vorhanden gewesenes Wissen
aktuales Wissen:	derzeit vorhandenes Wissen
potentielles Wissen:	zukünftig möglicherweise verfügbares Wissen

Inneres Wesen In Diskussionen über die Differenzen zwischen verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen, insbesondere zwischen Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften, spielen immer wieder Begriffe wie Verfügungs- oder Orientierungswissen eine Rolle, mit denen das Resultat dieser Disziplinen gekennzeichnet wird.

[13] Weitere Einsichten, die man durch die Betrachtung der Kopplungsstärke zwischen verschiedenen Speicherweisen desselben Wissen gewinnen kann, finden sich bei Robin Cowan, Paul A. David und Dominique Foray, *The Explicit Economics of Knowledge Codification and Tacitness*, Industrial and Corporate Change **9** (2000), S. 211 - 253.

Handlungswissen ist ein Wissen um Zweck-Mittel-Relationen, beispielsweise „Kerzen lassen sich mit Streichhölzern anzünden.“ Handlungswissen beantwortet *Wie?*-Fragen, ohne Erklärungen für die behaupteten Relationen anzubieten. Ein großer Teil unseres (oftmals unbewussten) Alltagswissen ist hierher zu rechnen, das wir durch Erlernen üblicher Praktiken oder Versuch-und-Irrtum erworben haben.

Strukturwissen dagegen erlaubt Erklärungen und Vorhersagen; es beantwortet *Warum?*-Fragen. Theorien und Gesetze postulieren zum einen, welche Entitäten es überhaupt gibt, und erklären zum zweiten, in welchem Zusammenhang sie stehen. Ohne Strukturwissen lässt sich weder der eigene Standpunkt in der Welt bestimmen, noch lassen sich Ziele benennen. Um es an einem Beispiel zu illustrieren: Erst wenn man eine Theorie des Geldes besitzt, kann man sich über Inflation Sorgen machen oder das Ziel der Geldwertstabilität formulieren. Wer über ausreichend Strukturwissen verfügt, der ist in der Welt orientiert: Er weiß, woran er erkennen kann, in welcher Situation er sich gerade befindet, und welche Ziele er in dieser Situation wählen könnte. Man könnte daher statt von Struktur- auch von *Orientierungswissen* sprechen. Da jedoch andere Autoren unter „Orientierungswissen“ ein explizit normatives Wissen (Was *soll* getan werden?) verstehen, wird hier dem Ausdruck „Strukturwissen“ der Vorzug gegeben.

Faktenwissen ist deskriptiver Natur; es enthält weder Zweck-Mittel-Beziehungen noch Erklärungen. Es statuiert einmalige Koinzidenzen, z. B. „ALBERT EINSTEIN starb 1955.“ Faktenwissen beantwortet Fragen nach dem *Wer?, Wann?, Wo?, Was?, Woher?* oder *Wohin?* Es ist wesentlich ein Wissen über die Vergangenheit.

Verfügungswissen ist eine Kombination aus Handlungs- und Strukturwissen. Es enthält Zweck-Mittel-Relationen und gibt gleichzeitig eine Erklärung des Mechanismus, z. B. „Penicillin hilft gegen Infektionen, weil es das Wachstum krankheitserregender Bakterien hemmt.“ Verfügungswissen beantwortet zugleich die Frage nach dem *Wie?* und dem *Warum?* Es ist ähnlich wie Strukturwissen zeitlos.

Wissenschaftliches Wissen

Die obigen Erörterungen zum Wissensbegriffs endeten mit der Einsicht, dass umstritten ist, was Wissen wirklich ist. Von daher gibt es auch keine Gründe, das weit verbreitete Vorurteil zu stützen, Wissenschaft sei der einzige Weg zu Wissen. Der Verfasser möchte daher eine pragmatische Position einnehmen: Wissenschaftliches Wissen unterscheidet sich von anderen Wissensformen durch die Orientierung an spezifischen Forderungen. In wissenschaftstheoretischen Abhandlungen werden gelegentlich Anforderungen an wissenschaftliches Wissen genannt, ein allgemein anerkanntes Zielgerüst gibt es jedoch nicht. Nichtsdestotrotz soll hier ein Vorschlag für ein solches Anforderungsprofil unterbreitet werden.

Die Kernanforderung an wissenschaftliches Wissen ist seine *intersubjektive Vermittelbarkeit.* Daraus ergeben sich abgeleitete Forderungen: Zwingend ist eine explizite Formulierung des Wissens in sprachlicher Form – als Aussagen, Diagramme oder Tabellen. Präziser Sprachgebrauch, sei es durch exakte Definitionen oder mathematische Fassung, verringert Missverständnisse.[14] Wissenschaftliches Wissen muss allgemein zugänglich sein, es

[14] Leider geht Präzision oft zu Lasten der Verständlichkeit: Je sauberer Begriffe definiert sind, desto fremder sind sie Außenseitern und desto länger muss man ihre Verwendung erlernen. Außerdem haben streng gefasste Begriffe nur geringe Assoziationskraft und behindern daher das Neue.

hat öffentliches Wissen zu sein. Über die Gültigkeit des Wissens muss unabhängig von Urheber und Rezipienten entschieden werden, und zwar auf der Basis argumentativer, rationaler, dogmenfreier und kritischer Auseinandersetzung mit Gegenargumenten. Die Prüfung hat frei von eigennützigen Verwertungs- oder Prestigeansprüchen zu erfolgen. ROBERT K. MERTON[15] hat diese letzten vier Forderungen *Communism, Universalism, Organized Scepticism* und *Disinterestednes* genannt.
Wahrheit ist ohne *Konsistenz* kaum vorstellbar. Widersprüche dürfen aber nicht dadurch vermieden werden, dass nur zusammenhanglose Aussagen produziert werden. Eine weitere zentrale Forderung ist daher die nach *Kohärenz*. Das bedeutet, Beiträge zum wissenschaftlichen Wissen sollten nicht für sich allein stehen, sondern z. B. durch Zitate mit anderen Aussagen verknüpft werden. Insbesondere sind neue Beiträge hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Aussagenbestand (Widerspruch, Bestätigung etc.) hin zu prüfen. Ad-hoc-Hypothesen sollten nach Möglichkeit vermieden werden.
Wissenschaft sollte eine möglichst detailreiche und umfassende Beschreibung von Phänomenen liefern. Wegen des Gebots intersubjektiver Vermittel- und Prüfbarkeit nimmt Wissenschaft aber nur reproduzierbare bzw. intersubjektiv zugängliche Phänomene in den Blick. Die Forderung nach Kohärenz und Konsistenz verlangt, Berichte über neue Phänomene mit dem vorhandenen Wissensbestand in Relation zu setzen, um Widersprüche und Bestätigungen aufzudecken. Dabei dürfen negative Befunde nicht verschwiegen, widersprechende Befunde und Argumente sollten gewürdigt werden.

Eine weiterer wesentlicher Wunsch ist *Komplexitätsreduktion* des Wissensbestandes, d. h. die Bereitstellung allgemeiner Muster durch Theorien. Eine ausgezeichnete Möglichkeit dafür sind deduktive Schlüsse aus wenigen Grundprinzipien, wobei die Grundprinzipien möglichst *einfach* und *einleuchtend* sein sollten.[16] Theorien sollten *Vorhersagen erlauben*, was sich am besten durch Gesetzesaussagen, seien sie nun deterministisch oder statistisch, verwirklichen lässt. Außerdem sollten Theorien möglichst hohe Erklärungskraft haben, d. h. erlauben, Phänomene auf andere zurückzuführen, z. B. durch Kausalbeziehungen. Theorien sollten auf ein möglichst weites Phänomenfeld anwendbar sein, präzise (z. B. quantitative) Beschreibungen von Phänomenen gestatten und möglichst tiefgründige Erklärungen bieten. Theorien sollen dabei mehr als nur diejenigen Phänomene erklären, zu deren Erklärung sie eingeführt wurden, und neue, zuvor unerwartete Phänomene voraussagen. Theorienfortschritt vollzieht sich durch Rückführung spezieller Theorien auf allgemeinere Gesetzmäßigkeiten oder durch Ablösung eines theoretischen Begriffsrahmens durch einen anderen, der dem alten in mindestens einer Hinsicht überlegen ist.

Es wäre eine interessante empirische Frage, ob und wie diese Normen durch Sozialisation und Sanktionsmechanismen im Wissenschaftssystem durchgesetzt werden, welche Interessenkonflikte mit Partikularinteressen der wissenschaftlichen Manpower und der Forschungsfinanziers dabei auftreten. Ungeklärt muss an dieser Stelle auch bleiben, inwiefern die aufgestellten Normen dem Gegenstand angemessen sind. Allein aufgrund des Wunsches nach mathematisch formulierbaren Kausalgesetzen findet man noch lange keine in der Natur! Gleichfalls an die Philosophen zurückverwiesen werden muss die Frage, ob

[15] Vgl. den Aufsatz *The Normative Structure of Science* in Robert K. Merton, *The Sociology of Science*, University of Chicago Press 1973, S. 267 - 278. Der Aufsatz erschien zuerst 1942 unter dem Titel *Science and Technology in a Democratic Order*, Journal of Legal and Political Sociology **1** (1942), S. 115 - 126.

[16] Nach RENÉ DESCARTES verbürgen *Klarheit und Deutlichkeit* die Evidenz und damit Wahrheit von Grundprinzipien. Vgl. Hoven (1989), S. 121f.

und warum die Verfolgung dieser Normen dem wissenschaftlichen Wissen einen exzeptionellen Geltungsanspruch gegenüber anderen Wissensformen garantiert. Mit welchem Recht können Anthropologen verlangen, die Schöpfungsgeschichte der Hopi-Indianer zugunsten ihrer Geschichte von der Einwanderung der Indianer aus China aufzugeben?

Einflussreiche Wissenschaftsphilosophen des 20. Jahrhunderts, darunter KARL R. POPPER (1902 - 1994), haben das Ziel verfolgt, den Geltungsanspruch und die Einheit des wissenschaftlichen Wissens durch sein *rationales* Zustandekommen abzusichern. Deshalb waren sie bemüht, eindeutige präskriptive Regeln für die Entwicklung und Prüfung wissenschaftlichen Wissens aufzustellen. Empirische Untersuchungen von Wissenschaftshistorikern und -soziologen haben aber gezeigt, dass man keinen festen Satz solcher methodologischer Regeln angeben kann. Insbesondere FEYERABENDS Widerspruch[17] gegen die starren Methodologien von POPPER und LAKATOS hat klargemacht, dass je nach historischer Situation dem wissenschaftlichen Fortschritt mal das Verfolgen des einen Ziels dienlicher ist, mal das Verfolgen eines anderen Ziels. Die verschiedenen Anforderungen an wissenschaftliches Wissen können konfliktär sein. Beispielsweise gab GALILEO GALILEI (1564 - 1642), der als Begründer der modernen Physik angesehen wird, der Forderung nach Konsistenz zwischen beobachteten Phänomenen und Theorie den Vorzug gegenüber den Forderungen, möglichst umfassende Theorien aufzustellen und Ad-hoc-Annahmen zu meiden.[18]

Der Verfasser zieht aus diesen wissenschaftstheoretischen Diskussionen folgenden Schluss: Das faktische Gewicht der verschiedenen Zielanforderungen an das wissenschaftliche Wissen verschiebt sich im Laufe der Zeit. Mal wird der Gang der Wissensentwicklung in punkto Detailreichtum Fortschritte erzielen, ein andernmal in Richtung Einfachheit. Ja, selbst die Kriterien, wann man berechtigt von Wissensfortschritt sprechen kann, unterliegen dem Versuch-und-Irrtum der Erfahrung. Obwohl methodologische Vorschriften also kein absolut sicheres Fundament bieten, auf dem man das Haus der Wissenschaft errichten kann, sind sie dennoch eine wichtige und nützliche Hilfe: Wenn man sie als Prüfmaßstab an den faktischen Wissenschaftsbetrieb anlegt, treten seine jeweiligen Stärken und Schwächen zu Tage. Erst durch diese Kritik wird sichtbar, hinsichtlich welcher Anforderungen bei der weiteren Wissensentwicklung Defizite abgebaut werden sollten. Deshalb ist und bleibt es eine wichtige Aufgabe für die Wissenschaftsphilosophen, die Forschung in den verschiedenen Disziplinen kritisch zu begleiten. Besonderes Augenmerk haben diejenigen Fachgebiete verdient, in denen sich noch kein festes Paradigma herausgebildet hat, das die weitere Forschung anleiten könnte.[19]

---

[17] Vgl. Paul Feyerabend, *Wider den Methodenzwang*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1983 (Original: *Against Method*, New Left Books London 1975).

[18] GALILEI sah in in den Bewegungen der Jupitermonde, die er mit seinem Fernrohr beobachtet hatte und die mit dem herrschenden Ptolemäischen Weltbild in Widerspruch standen, einen Beweis für die Kopernikanische Auffassung. Um diese jedoch gegen die Einwände der Aristoteliker (bzgl. der Unmöglichkeit der Erdbewegung) zu schützen, musste er die hinsichtlich ihres intendierten Anwendungsgebiets weit umfassendere Aristotelische Dynamik durch eine neue Lehre der *Orts*bewegungen (Trägheitsprinzip, Geschwindigkeitsaddition) ersetzen. Dafür musste GALILEI weitere Ad-hoc-Annahmen einführen. Näheres bei Feyerabend (1975).

[19] Zur Erläuterung des Begriffs „Paradigma“ vgl. Abschnitt 2.7.1.

Know-how

Eine Spezialform von Wissen ist Know-how. Damit ist das technische Handlungswissen im Umgang mit Artefakten bezeichnet. Es liegt bevorzugt implizit vor, seine Artikulation fällt schwer – wie jeder weiss, der einmal versucht hat, eine technische Dokumentationen zu schreiben oder eine Gebrauchsanleitung zu verstehen. Know-how ist im Regelfall nicht öffentlich, sondern individuelles oder kollektives Wissen. Know-how kann durch Patente geschützt werden. Know-how veraltet um so schneller, je rascher der technische Wandel vonstatten geht. Know-how unterliegt anderen Zieldimensionen als das wissenschaftliche Wissen, bei ihm ist allein die Zweckmäßigkeit unter den gegebenen Handlungsbedingungen entscheidend.
HUBERT MARKL[20] ist darin recht zu geben, dass die populäre Behauptung, die Halbwertszeit von Wissen habe sich fortlaufend verkürzt, sich wohl vorwiegend auf Know-how bezieht. Technisches Handlungswissen wird entwertet, wenn die zugehörigen Artefakte aus der Nutzung verschwinden, die zugehörigen Zwecke und Hilfsmittel obsolet werden. Struktur-, Verfügungs- und Faktenwissen dagegen veralten praktisch nicht, sie können höchstens ihre Validität und ihre Relevanz für das aktuelle Forschungsgeschehen einbüßen.

2.1.2 Zum Begriff „Technik“

Unter *Technik* soll hier ein materiales Artefakt verstanden werden, das zu instrumentellem Gebrauch bestimmt ist.[21] Die zweite Wortbedeutung von „Technik“ im Sinne von „Methode“ wie man sie in Begriffen wie „Arbeitstechnik“, „Technik des Differenzierens“ etc. antrifft, soll außer Betracht bleiben. Die Wortherkunft ist im Griechischen *techne* zu suchen, das ein „gekonntes Herstellen“ bezeichnete.
Der verwandte Begriff „Technologie“ bedeutet von der Wortwurzel her „Lehre von der Technik“. Diese auch heute noch in Lexika zu findende Erläuterung entspricht aber nicht mehr dem faktischen Wortgebrauch, der unter „Technologie“ eine Technik einschließlich des zur Produktion und Nutzung notwendigen Know-hows versteht. Da heute Produktion und Nutzung von Artefakten in hohem Maße wissensbasiert sind, setzt sich ein zunehmend synonymer Gebrauch von „Technik“ und „Technologie“ durch.[22]

2.1.3 Wissenschaftssystem

Gegenstand dieser Arbeit ist das nationale Wissenschaftssystem Deutschlands. Was ist hier unter *Wissenschaftssystem* zu verstehen?

Unter *System* soll ein Ganzes verstanden werden, das aus Elementen aufgebaut gedacht werden kann, die miteinander und über die Systemgrenze hinaus mit der Umwelt in Wechselwirkung stehen. In welche Bestandteile man ein System zergliedert, darüber sagt diese Definition zunächst nichts aus.

[20] Vergleiche seinen Aufsatz *Forschung als Antrieb von Innovation* in Engelbert Bruch, Joachim Müller und Claus Dieter Wielowski [Hrsg.], *Innovationen. Bausteine des Erfolgs von morgen*, Verlag Moderne Industrie 2000, S. 60.

[21] Der Hinweis auf den intendierten Mittelcharakter technischer Artefakte soll ausschliessen, dass auch Kunstgegenstände oder Müllhalden, die zweifelsohne materiale Artefakte sind, zur Technik gezählt werden.

[22] Zu Bedeutung und Wortgebrauch von *Technik/Technologie* siehe auch Schmoch (2000), S. 4, Hubig (1997), S. 53ff., und Wagner-Döbler (1989), S. 24 - 39.

Wie die Arbeiten von NIKLAS LUHMANN (1927 - 1998) gezeigt haben, lässt sich der Systembegriff auch gewinnbringend auf die menschliche Gesellschaft anwenden.[23] Während LUHMANN den Systembegriff auf kommunikative Systeme verengt, deren Elemente *kommunikative Akte* sind, soll hier die Unbestimmtheit des allgemeinen Systembegriffs hinsichtlich der Natur der Elemente beibehalten werden. In welche Bestandteile man das Wissenschaftssystem zergliedern mag, sei den eigenen Erkenntnisinteressen anheim gestellt.[24] Wichtig hingegen ist die Einsicht, dass die Gesellschaft im Laufe der Geschichte verschiedene Subsysteme ausdifferenziert hat, *die ihnen eigentümliche Aufgaben übernommen haben.* Was sind aber nun die Funktionen der Wissenschaft, die sie von anderen gesellschaftlichen Subsystemen unterscheiden?

Das Wissenschaftssystem produziert öffentliches kodifiziertes Wissen, gibt es weiter und bewahrt es auf.

In Bezug auf ihre Funktion hat die Wissenschaft drei Komponenten: Produktion, Weitergabe und Bewahrung von Wissen. Die Forschung vergrößert und prüft den Wissensbestand. In der Lehre werden Wissen sowie die Methoden seiner Generierung und Prüfung an die nächste Generation weitergegeben. Die Bibliotheken bewahren den Schatz des Wissens in ihren Speichern auf. Schriftlich fixiertes, öffentlich zugängliches Wissen ist das Gut, um dessen Willen Wissenschaft betrieben wird. Da aber Wissen, das allein in Büchern steht, totes Wissen ist, muss es immer wieder aufs Neue von Menschen erlernt werden, damit es handlungsleitend werden kann.

2.1.4 Technologiesystem

In der gängigen Auffassung werden neben der Wissenschaft noch Politik, Recht und Wirtschaft als ausdifferenzierte Teilsysteme der Gesellschaft betrachtet, denen LUHMANN eigenständige Kommunikationsweisen bescheinigt. Die hier vertretene Interpretation des Systembegriffs, die sich neutral gegenüber der Natur des Systemelemente verhält, gestattet dagegen die Rede auch von anderen Teilsystemen: Ein gesellschaftliches Subsystem wird allein durch seine spezifischen Funktionen definiert. Was wären in Analogie zum Wissenschaftssystems die Aufgaben des Technologiesystems?

Das Technologiesystem entwickelt Technik und Know-how, nutzt und tradiert sie.

In der hier vertretenen, weiten Auslegung des Systembegriffs sind die verschiedenen gesellschaftlichen Subsysteme nicht disjunkt, sondern sie können sich zum Teil überschneiden. Wissenschaftler als Elemente des Wissenschaftssystems sind gleichzeitig technisch und ökonomisch Handelnde, etwa dann, wenn sie bei einer Firma Vakuumpumpen kaufen, um in ihrer Ultrahochvakuum-Anlage Elementarteilchen nachzujagen. Zumindest dort, wo mit Experimentier- und Beobachtungsgerät gearbeitet wird, ist die Wissenschaft Teil der technischen Praxis.

2.1.5 Historische Entwicklung des deutschen Wissenschaftssystems

An dieser Stelle soll ein kurzer Abriss der historischen Entwicklung des deutschen Wissenschaftssystems gegeben werden, da sich die heutige Situation nur aus dem geschichtlichen

[23] Vgl. z. B. Niklas Luhmann, *Die Wissenschaft der Gesellschaft*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1990.
[24] Eine mögliche Zerlegung des Wissenschaftssystems in Elemente wird im Abschnitt 2.4 vorgestellt.

Gewordensein verstehen lässt.[25] Die Darstellung konzentriert sich auf die Hochschulen, die außeruniversitären Forschungseinrichtungen und die industrielle Forschung und Entwicklung (FuE).[26]

Hochschulen

Die älteste Hochschule in den heutigen deutschen Grenzen wurde 1385 in Heidelberg gegründet. An den mittelalterlichen Universitäten gab es vier Fakultäten: Theologie, Jura, Medizin und Philosophie. Die drei Erstgenannten dienten wesentlich der Ausbildung höherer Staatsbeamter, weshalb sie als „obere“ Fakultäten mehr Ansehen genossen, aber auch unter wechselndem staatspolitischem Interesse standen. An der vierten im Bunde, der so genannten Artisten-Fakultät, wurden die sieben freien Künste gelehrt. Sie hatte zunächst hauptsächlich propädeutische Funktionen. Erst mit der HUMBOLDTschen Universitätsreform gewann die Philosophische Fakultät an Ansehen. Im 19. und 20. Jahrhundert spalteten sich aus ihr dann viele der heutigen Disziplinen als eigenständige Fakultäten ab.

Im 18. Jahrhundert gerieten die Universitäten in eine existentielle Krise. Es kam zu Reformgründungen (Halle 1694 und Göttingen 1736) und zur Entstehung außeruniversitärer Forschungsstätten, der Akademien. Daneben entstanden die ersten technischen Bildungseinrichtungen für staatliche Fachbeamte, z. B. die Bergakademien (Freiberg 1765, Clausthal 1775). Außerdem etablierten sich Kunst- und Musikakademien, vorwiegend in höfischen Zusammenhängen.

Aufgrund der territorialen Zersplitterung entstanden im Deutschen Reich vergleichsweise viele Universitäten, darunter nur wenige große und viele kleine. Etliche Universitäten bewegten sich dauerhaft am Rande der Lebensfähigkeit, was sich mit dem Niedergang der Studierendenzahlen Ende des 18. Jahrhunderts verschärfte. Im Vor- und Nachfeld der Napoleonischen Besetzung schloss dann auch die Hälfte der damals 34 deutschen Universitäten ihre Pforten: Mit Ortsnamen wie Altdorf, Dillingen oder Helmstedt verbindet heute niemand mehr den Standort einer Universität. Von einigen anderen alten Universitäten blieb allein die Theologische Fakultät bestehen (z. B. in Trier, Erfurt und Paderborn), zu denen sich im Laufe der Zeit weitere theologisch-philosophische Hochschulen gesellten.

HUMBOLDTS Reformgründung in Berlin belebte die Idee der Universität von Neuem und wurde zum Vorbild für die Reorganisation der übrigen deutschen Universitäten. Im ausgehenden 18. und verstärkt im 19. Jahrhundert entstanden aufgrund der Bedürfnisse des aufstrebenden Bürgertums vermehrt gewerblich-technische Bildungseinrichtungen, deren führende Polytechnika zwischen 1870 - 90 den Namen „Technische Hochschule“ erhielten. Aus anderen gewerblichen Bildungsinstituten entwickelten sich später dann die Handels- und Fachhochschulen. Alle diese Ausbildungseinrichtungen ergänzten schon länger beste-

[25] In dieser Arbeit wird der geographische Bezug des Adjektivs „deutsch“ im Zeitverlauf jeweils so angepasst, wie dem Ziel, das Heute aus dem Gestern zu verstehen, am besten gedient ist. Beispielsweise kann die eigenständige Entwicklung in der DDR außer Betracht bleiben, da der 1945 - 89 dort genommene Weg für die heutige Situation folgenlos geblieben ist, weil nach 1990 im Wesentlichen das westdeutsche System auch im Osten installiert wurde. Der Anhang A.1 präsentiert die Operationalisierung des geographischen Bezugs dieser Arbeit im Detail.

[26] Ausführliche Darstellungen der Geschichte des deutschen Wissenschaftssystems findet man u. a. bei Ellwein (1985), Lundgreen (1986), Pfetsch (1974) und Stichweh (1994). Einen aktuellen Zustandsbericht geben Meyer-Krahmer (1996) und BMBF (2000), einen Überblick über die heutigen Akteure bietet Finetti (1999a).

hende berufsqualifizierende höhere Schulen wie die Ritterakademien (für Beamte) und Priesterseminare. Im 20. Jahrhundert wurden mit zunehmenden Bedarf an Lehrern spezielle Pädagogische Hochschulen (PH) gegründet.
Mit dem massiven Ausbau der Hochschulen um 1970 entwickelten sich viele PH zu vollständigen Hochschulen. Neue Hochschultypen wie Gesamthochschulen (GHS) und Fachhochschulen (FH) traten hinzu, die zum Teil aus Vorläufereinrichtungen der höheren Berufsbildung hervorgingen. Zahlreiche Hochschulen veränderten ihren Typ und Charakter; so firmieren die Technischen Hochschulen heute zumeist als „Technische Universitäten".
Heute werden an den ca. 350 Hochschulen rund 1,8 Mio. Studierende von knapp 40.000 Professoren betreut. Die meisten Hochschulen befinden sich in staatlicher Trägerschaft, einige wenige auch in kirchlicher. Die erste private Hochschulgründung nach dem 2. Weltkrieg fand 1972 in Witten-Herdecke statt. Nach 1990 entstanden dann vermehrt Privathochschulen mit Konzentration auf wirtschaftsnahe, international ausgerichtete Studiengänge mit intensiver Betreuung, was spiegelbildlich den Defiziten der staatlichen Hochschulen entspricht.

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Die neuzeitliche Naturforschung nahm ihren Anfang weniger an den Universitäten als in den Akademien und Naturforscherassozitäten. Im 17. Jahrhundert entstanden die ersten freien Gelehrtengesellschaften, die sich der Naturerforschung widmeten. Die meisten Mitglieder waren keine bezahlten Berufsforscher im heutigen Sinne, sondern Amateure. Rudolf Stichweh[27] schreibt dazu: „Joachim Jungius gründete 1622 in Rostock die erste deutsche wissenschaftliche Gesellschaft überhaupt, die ‚Societas Ereunetica', die sich der Kritik scholastischer Philosophie und der Erforschung der Natur widmen wollte. Diese Gründung sollte aber nur wenige Jahre existieren. Bis heute dauert die sogenannte ‚Leopoldina' in Halle fort, die 1652 von dem Schweinfurter Arzt Johann Lorenz Bausch unter dem Namen ‚Academia Naturae Curiosorum' initiert wurde und durch Diskussion und eine Zeitschrift die experimentelle Naturwissenschaft fördern wollte."
Gottfried W. Leibniz (1646 - 1716) forcierte seit 1670 die Gründung staatlicher Akademien in Deutschland, die sich am Vorbild der Londoner *Royal Society* von 1662 orientieren sollten. Leibniz legte großen Wert auf praktische Relevanz der dort betriebenen Forschung, stärker noch als das an den Akademien in London und Paris der Fall war. Denn dort sei „dasjenige, so von realen Scienzen zu gemeinem Nutz zu erwarten, nicht erreicht worden, sondern alles mehr in curiosis bestehen blieben. Deswegen wäre anitzo dahin zu sehen, wie nicht nur Curiosa, sondern auch Utilia ins Werk zu richten. Denn Reale ministri werden unnützer Curiositäten bald überdrüßig, und rathen keinem Fürsten viel Staat davon zu machen."[28] Bei Stichweh (1977), S. 34, heißt es dazu weiter: „Demgemäß soll die Akademie denn auch neben Kunst und Wissenschaft ‚Land und Leute, Feldbau, Manufacturen und Commercien, und, mit einem Wort, die Nahrungsmittel' verbessern." 1700 wurde dann in Berlin die erste deutsche Akademie gegründet, die aber das gleiche Schicksal wie ihre Vorbilder ereilte. Unter Friedrich II., der 1740 den preußischen

[27] Rudolf Stichweh, *Ausdifferenzierung der Wissenschaft. Eine Analyse am deutschen Beispiel*, Kleine Bielefeld 1982 (zugl. Diplomarbeit Bielefeld 1977), S. 33.

[28] Zitiert nach Adolf von Harnack, *Geschichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin,* Olms Hildesheim 1970, Bd. 2, S. 23 (Nachdruck, ursprünglich Reichsdruckerei Berlin 1900).

Thron bestieg, arbeiteten Berühmtheiten wie LAGRANGE, EULER und LAMBERT an der Akademie, denen es nur wenig um praktische Problemstellungen zu tun war.
Die Kopplung zwischen Akademie – dem Ort der Forschung – und Universität – dem Ort der Lehre – ist im Laufe der Geschichte und je nach Ort unterschiedlich gewesen, in Göttingen z. B. war sie stets sehr eng. Mit der Wiederbelebung der Universität sollte die Einheit von Forschung und Lehre an den Universitäten hergestellt werden. Das HUMBOLDTsche Ideal prägt auch heute noch die deutsche wissenschaftspolitische Rhetorik, ungeachtet der Tatsache, dass im 20. Jahrhundert ein großer Teil der Forschung in außeruniversitäre Einrichtungen abgewandert ist. Die heute noch fortbestehenden Akademien haben ihre einstige Bedeutung, vielleicht abgesehen von der Reputationsfunktion, weitgehend eingebüßt.

Die 1911 auf Betreiben ADOLF VON HARNACKS gegründete Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG) sollte Deutschlands internationalen Spitzenplatz in der Forschung verteidigen: Zu den ersten Gründungen gehörten z. B. die Institute für Physik (ALBERT EINSTEIN) und Chemie (FRITZ HABER) in Berlin. Die KWG wurde 1948 als Max-Planck-Gesellschaft (MPG) unter dem Vorsitz von OTTO HAHN wiedergegründet. Ihre Institute sollen herausragenden Forschern in besonders wichtigen oder zukunftsträchtigen, international kompetetiven Feldern der Grundlagenforschung exzellente Arbeitsbedingungen bieten.[29] Dabei soll sie neue Forschungsgebiete aufgreifen, die z. B. wegen ihres interdisziplinären Charakters oder des hohen Mittelbedarfs nicht an Hochschulen bearbeitet werden können. Im Jahr 2000 arbeiteten in den 79 Einrichtungen der MPG rund 11.000 Mitarbeiter. Der Etat von 1,2 Mrd. € wird weitgehend von Bund und Ländern im Verhältnis 50 : 50 aufgebracht, etwa 10% stammen aus Projektförderung und weitere 5% aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden und eigenen Erträgen.[30]
Die 1949 gegründete *Fraunhofer-Gesellschaft* hat sich zur größten deutschen Trägerorganisation für industrieorientierte Vertragsforschung entwickelt. In ihren 48 Instituten arbeiteten im Jahr 2000 rund 9.000 Mitarbeiter. Der Gesamtetat betrug ca. 0,7 Mrd. €, wobei ihre nicht verteidigungsbezogenen Institute 64% ihrer Ausgaben selbst erwirtschaften müssen, den Rest bringen Bund und Länder im Verhältnis 90 : 10 als Grundfinanzierung auf.
In der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) sind 16 Großforschungseinrichtungen zusammengefasst, die seit den 50er Jahren gegründet wurden, darunter die ehemaligen Kernforschungszentren in Karlsruhe und Jülich. Ihre Institute verfolgen zum einen langfristige Forschungsziele des Staates, insbesondere in der Vorsorgeforschung, und engagieren sich bei der Entwicklung von Schlüsseltechnologien. Zum anderen wird auch allgemeine Grundlagenforschung betrieben, wobei hier die Bereitstellung aufwendiger Großgeräte

[29] In diesem Zusammenhang wird gelegentlich vom Harnack-Prinzip gesprochen: „Die Gesellschaft wählt einen Direktor und baut um ihn herum ein Institut.“ Zur Rolle dieses Prinzips vergleiche den Beitrag von Rudolf Vierhaus, *Bemerkungen zum sogenannten Harnack-Prinzip. Mythos und Realität*, in: Bernhard vom Brocke und Hubert Laitko [Hrsg.], *Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute*, de Gruyter Berlin 1996.

[30] Die Angaben zum Etat sowie der Zahl der Mitarbeiter und Institute wurden hier und im Folgenden dem *Bundesbericht Forschung*, BMBF Bonn 2000 sowie den *Thesen zur zukünftigen Entwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland*, Wissenschaftsrat Köln 2000, S. 9f., entnommen. Bei Inkonsistenzen wurden zusätzlich Recherchen auf der Homepage der jeweiligen Organisation durchgeführt. Weitere Details zur historischen Entwicklung der verschiedenen außeruniversitären Forschungsorganisationen findet man bei Hans-Willy Hohn und Uwe Schimank, *Konflikte und Gleichgewichte im Forschungssystem*, Campus Frankfurt/Main 1990.

einschließlich der erforderlichen wissenschaftlich-technischen Infrastruktur eine zentrale Aufgabe der HGF ist. Die Großforschungszentren beschäftigten im Jahr 2000 mehr als 20.000 Mitarbeiter, der Gesamtetat betrug 2,2 Mrd. €. Die institutionelle Förderung in Höhe von ca. 1,6 Mrd. € wird im Verhältnis 90 : 10 von Bund und Ländern aufgebracht.

In der 1995 gegründeten Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried-Wilhelm-Leibniz (WGL) sind die Institute der Blauen Liste sowie die überlebenden Akademie-Institute der ehemaligen DDR zusammengefasst worden. Die 84 Einrichtungen mit mehr als 12.000 Mitarbeitern verfolgen Forschungs- und Serviceaufgaben im gesamtstaatlichen Interesse. Den Gesamtetat (2000: 0,7 Mrd. €) brachten bisher Bund und Länder im Verhältnis 50 : 50 auf. Seit 1998 wird ein geringer Prozentsatz der Grundfinanzierung an die DFG abgeführt – im Gegenzug dürfen auch die Institute der WGL uneingeschränkt am Wettbewerb um DFG-Mittel teilnehmen.

Darüber hinaus existieren zahlreiche weitere öffentlich geförderte Forschungseinrichtungen, etwa das Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen. Allein in den 54 Ressortforschungseinrichtungen des Bundes, die Ministerien bei der Wahrnehmung hoheitlicher Aufgaben unterstützen sollen und die jährlich rund 1,5 Mrd. € erhalten, arbeiten mehr als 20.000 Mitarbeiter.

Neben den bereits genannten Organisationen gibt es einige weitere, denen eher Mittlerfunktionen zukommen. Unter den Forschungsförderorganisationen ist insbesondere die *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG) zu nennen. Der *Wissenschaftsrat* ist das wichtigste Beratungsgremium für Bund und Länder sowohl hinsichtlich der Entwicklung einzelner wissenschaftlicher Institutionen als auch hinsichtlich übergreifender Fragen des Wissenschaftssystems. Besonderes Gewicht haben seine regelmäßigen Empfehlungen zum Hochschulneubau und die Evaluationen außeruniversitärer Forschungseinrichtungen.

Industrielle Forschung

Außer in den oben beschriebenen, vorwiegend staatlich finanzierten Einrichtungen findet auch in Industrielaboren Forschung statt. Allerdings ist der überwiegende Teil davon eng mit der technischen Entwicklung verknüpft. Einige große Unternehmen betreiben aber auch Grundlagenforschung, um einen engen Kontakt mit der akademischen Welt aufrecht zu erhalten. Berühmtes Beispiel dafür sind die *Bell Labs*, aus denen auch einige Nobelpreisträger hervorgegangen sind. In den 90er Jahren haben jedoch die meisten Unternehmen ihre Forschungsaktivitäten stärker auf die Anforderungen der internen Entwicklungsabteilungen ausgerichtet und die früheren Freiheiten der Unternehmensforscher beschnitten. Unabhängig von dieser realen Entwicklung bleiben die Gründe bestehen, die John Irvine und Ben Martin zugunsten der quasi-akademischen Industrieforschung ins Feld geführt haben:

> Large science-based firms [...] typically choose to devote a limited [...] proportion of their R&D budgets to those areas of basic research felt most likely to provide the new knowledge required to develop the products and processes of the future. Besides hoping to produce in-house at least one or two scientific ‚winners', many firms use such research to develop links with the relevant academic research communities. Such links are generally essential if the firm is successfully to monitor and take advantage of the latest scientific results. They are also necessary to develop within the company the skills and techniques required to mount rapid R&D programmes on new research possibilities as and when they occur.
>
> John Irvine und Ben Martin (1984), *Foresight in Science. Picking the Winners*, S. 5

Im Unterschied zu akademischen Forschern sind Industrieforscher im Regelfall in ihrer Publikationstätigkeit eingeschränkt. Ihre Forschungstätigkeit ähnelt zwar dem Vorgehen in der akademischen Wissenschaft, das Resultat ist jedoch ein anderes: Nicht kodifiziertes, öffentliches, ungeschütztes Wissen, sondern kollektives Wissen des jeweiligen Unternehmens. Nach dem oben entwickelten Verständnis von Wissenschaft ist die Industrieforschung nur insofern dem Wissenschaftssystem zuzuordnen, als sie ihre Ergebnisse offen zugänglich publiziert.

Die Nutzung und Fortentwicklung der Technik war über viele Jahrhunderte eine primär handwerkliche Angelegenheit. Der technische Fortschritt wurde wesentlich von akademisch ungebildeten Erfindern vorangetrieben. Erst mit der 2. Industriellen Revolution (um 1860) setzte die Wissenschaftsbasierung der technischen Entwicklung ein. Die Chemische und Elektrotechnische Industrie wären ohne ihre Entwicklungslabors, in denen akademisch Ausgebildete mit wissenschaftlichen Methoden zu Werke gingen, nicht denkbar. Im 20. Jahrhundert hat der Anteil technischer Neuentwicklungen, die auf wissenschaftlichen Vorarbeiten beruhen, nach allgemeiner Einschätzung weiter zugenommen. Wissenschaft und Technik erscheinen deshalb oft als untrennbare Einheit.
Heute werden von der deutschen Wirtschaft etwa 30 Mrd. € pro Jahr für Forschung und Entwicklung ausgegeben.[31] Nach vagen Schätzungen kann man davon aber höchstens ein Zehntel solchen Vorhaben zurechnen, deren Resultate offen publiziert werden und die damit in dem hier zugrunde gelegten Verständnis als Wissenschaft zu werten sind.

2.2 Lineares Modell von Wissenschaft und Technik

Während man in früheren Jahrhunderten die *Wissenschaft* in die Nähe der *Kunst* rückte, werden heute meist *Wissenschaft und Technik* in einem Atemzug genannt. Hinter dieser Assoziation verbirgt sich die populäre Vorstellung, neue Technik entstünde hauptsächlich durch Anwendung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse. Dieses lineare Modell der Technikgenese bildet auch die Grundlage der forschungs- und technologiepolitischen Praxis. Obwohl theoretische Einwände und empirische Erfahrungen gegen dieses konzeptionelle Fundament sprechen und die Erfolge darauf basierender Maßnahmen der Technologietransferförderung kritisch diskutiert werden, spielt das eindimensionale Verständnis eines mehr oder minder stetigen Übergangs von Wissenschaft in Technik noch immer eine wichtige Rolle in der Praxis – offensichtlich auch aufgrund eines Mangels an brauchbaren Alternativen.[32]

[31] Zum Vergleich: Der Staat gibt ca. 15 Mrd. € für die öffentlich unterstützte Forschung sowie weitere 15 Mrd. € für die Hochschullehre und sonstige wissenschaftsbezogene Aufgaben (Beratung, Infrastruktur etc.) aus. Angaben nach *Bundesbericht Forschung*, BMBF Bonn 2000.

[32] Ulrich Schmoch schreibt in einer aktuellen Studie dazu folgendes: „In den sechziger und siebziger Jahren herrschten in der Diskussion [um Wissens- und Technologietransfer] Modelle eines linearen Prozesses vor, bei denen die Phasen der Grundlagenforschung, angewandten Forschung, Entwicklung und Markteinführung aufeinander folgen. [...] Seit den achtziger Jahren ist bekannt und vielfach verifiziert, daß es keine Phasenabfolge im Sinne des linearen Modells gibt. [...] Von daher hat sich die Erkenntnis, daß lineare Modelle obsolet sind, zwar allgemein durchgesetzt. Es fehlt aber an Vorstellungen darüber, wie alternative Prozesse aussehen könnten. Vor diesem Hintergrund spielen lineare Modelle mit ihrer vordergründigen Evidenz nach wie vor eine wichtige Rolle bei der Konzeption politischer Maßnahmen zum Wissens- und Technologietransfer.“ (Ulrich Schmoch, Georg Licht und Michael Reinhard [Hrsg.], *Wissens- und Technologietransfer in Deutschland*, Fraunhofer IRB Verlag 2000, S. 4-6)

2.2.1 Grundzüge

Eine gute Darstellung und fundierte Kritik des linearen Modells findet sich in dem Buch *Pasteur's Quadrant* von DONALD E. STOKES.[33] Dort werden zwei Kernthesen linearer Vorstellungen herauspräpariert:

Statische Kernthese: *Grundlagenforschung*, die nach allgemeiner Erkenntnis und einem Verständnis für die Natur und ihre Gesetze strebt, wird ohne Gedanken an praktische Ziele ausgeführt. Auf Anwendungen hin orientierte *angewandte Forschung* ist mit Grundlagenforschung unverträglich.

Dynamische Kernthese: Grundlagenforschung ist der Schrittmacher für technischen Fortschritt. Zu gegebener Zeit werden die in „Freiheit und Einsamkeit" gewonnenen Grundlagenerkenntnisse von anderen, technologisch orientierten Anwendungsforschern (und später Entwicklern) in marktfähige Produkte umgesetzt. Eine Nation, die bezüglich neuen Grundlagenwissens von anderen Nationen abhängig ist, wird nur langsam industriell vorankommen und eine schlechte Wettbewerbsposition auf den Weltmärkten haben.

Die statische These, die man auch die Unverträglichkeitsbehauptung nennen könnte, erfreut sich besonders bei Grundlagenforschern hoher Beliebtheit.[34] Die dynamische These ist in der Innovationsforschung auch unter den Namen *Kaskaden-* bzw. *Phasenmodell* der Technikgenese bekannt.

2.2.2 Historische Entstehung

Ansätze des linearen Modells sind schon in den Schriften FRANCIS BACONS (1561 - 1626) zu finden. Obwohl die wissenschaftspolitische Programmatik BACONS[35] die Akademiegründungen in London, Paris und Berlin beeinflusste, erhielt das Modell erst nach dem 2. Weltkrieg wirklich politische Durchschlagskraft: In den USA und in Großbritannien hatten die Wissenschaften ganz klare Verdienste an der Entwicklung kriegsentscheidender Militärtechnik – darunter das Radar, die Atombombe und die Dechiffrierung geheimer Nachrichten. Besonders die USA ließen ihre Wissenschaftsausgaben im Kriege explodieren.

Gegen Ende des Krieges tauchte daher die Frage auf, wie die hohen Forschungszuwendungen in Friedenszeiten fortgeführt werden könnten, wobei die Wissenschaftler auf Wiederherstellung ihrer Autonomie drängten. Während des Krieges wurden die Wissenschaftsressourcen zentral vom *Science Office* gesteuert, das direkt beim Präsidenten ROOSEVELT angesiedelt war. In dessen Auftrag schrieb VANNEVAR BUSH, der Leiter des *Science Office*, die programmatische Schrift *Science, the Endless Frontier*.[36] Das darin explizit zur

[33] Donald E. Stokes, *Pasteur's Quadrant. Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Institution Press Wahington D.C. 1997.

[34] So berichtete der Physiker und Romancier C. P. SNOW in seinem berühmten Vortrag *The Two Cultures* von der geistigen Atmosphäre während seiner Zeit in Cambridge: „Die reinen Wissenschaftler haben im allgemeinen immer eine unklare Vorstellung von Ingenieuren und der angewandten Wissenschaft gehabt. [...] Ihr Instinkt [...] gab ihnen die Überzeugung ein, daß die angewandte Wissenschaft eine Beschäftigung für Geister zweiten Ranges sei. [...] Wir waren stolz darauf, daß unsere wissenschaftliche Arbeit niemals und unter gar keinen Umständen praktisch nutzbar gemacht werden konnte. Je entschiedener einer diesen Anspruch erheben konnte, desto überlegener kam er sich vor." (C. P. Snow, *Die zwei Kulturen*, Klett Stuttgart 1967, S. 37)

[35] Die Akademien der Neuzeit, vor allem die *Royal Society* , wären ohne das Vorbild des „Hauses Salomo" aus BACONS *Nova Atlantis* wohl nicht entstanden.

[36] Vannevar Bush, *Science, the Endless Frontier*, National Science Foundation Washington D.C. 1945.

Grundlage erklärte lineare Modell beeinflusste nicht nur die Wissenschaftspolitik in den USA, sondern übte durch das darauf fußende *Frascati-Manual*[37] in allen OECD-Staaten gewaltigen Einfluss aus.

2.2.3 Kritikpunkte

Gegen lineare Modelle sprechen zum einen historische Gründe: Weder sind technische Innovationen immer aus wissenschaftlichen Vorarbeiten entstanden,[38] noch sind wissenschaftliche und technologische Meisterschaft eines Landes strikt korreliert.[39] Zum anderen hat sich die disjunkte Gegenüberstellung von Grundlagen- und angewandter Forschung bei der Klassifikation und statistischen Erfassung von Forschungsvorhaben als unvorteilhaft erwiesen, so dass verschiedentlich Ausdrücke wie *Oriented Research* oder *Strategic Research* eingeführt wurden, die eine Mittelstellung beanspruchen.[40] Zum dritten werden die Ergebnisse von Maßnahmen zur Verbesserung des Transfers von Forschungsergebnissen in technisch-ökonomische Anwendungen, die auf dem linearen Modell beruhen, als unbefriedigend empfunden.[41]

2.2.4 Alternativen

Seitdem bekannt ist, dass das Kaskadenmodell reale Innovationsvorgänge nicht angemessen beschreibt, hat sich die Innovationsforschung um neue Modellvorstellungen bemüht. Schmoch (2000), S. 4ff., unterscheidet zwischen zirkulären, rekursiven und Interaktionsmodellen.

Zirkuläre Modelle des Innovationsprozesses verweisen darauf, dass die Technikgenese nicht allein von neuen wissenschaftlichen Ergebnissen angetrieben wird. Vor allem bei inkrementalen technischen Verbesserungen sind Innovationsimpulse wichtig, die aus dem Markt und damit von der Nachfrageseite kommen. Zirkuläre Modelle lassen jedoch offen, worüber die

[37] OECD Directorate for Scientific Affairs, *The Measurement of Scientific and Technical Activities. Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development. Frascati Manual*, OECD Paris 1962 (überarbeitete Fassungen 1970, 1976, 1980, 1993, 2002).

[38] Beispielsweise ist die Thermodynamik erst *nach* der Erfindung der Dampfmaschine entstanden. Überhaupt lässt sich eine enge Kopplung von Wissenschaft, Technik und Wirtschaft erst seit der Zweiten Industriellen Revolution (letzte Hälfte des 19. Jahrhunderts) nachweisen, z. B. für die Chemische und Elektrotechnische Industrie.

[39] Immer wieder genannte Beispiele sind das antike Rom, die USA Anfang des 20. Jahrhundert oder das Nachkriegsjapan, die zwar technologisch, aber keineswegs wissenschaftlich führend waren.

[40] Vgl. die Diskussion bei Stokes (1997), S. 64ff.

[41] Das Kaskadenmodell spiegelt die Illusion vor, Wissen müsse ganz von allein aus den Höhen des akademischen Elfenbeinturms in die FuE-Abteilungen der Unternehmen und weiter in die Keller der Produktsabteilungen fließen. Wenn das zu langsam geht, muss man augenscheinlich nur den Fluss beräumen, damit Wissen schneller in Produkte umgesetzt wird. Die zu diesem Zweck an den Hochschulen eingerichteten Technologietransferstellen haben jedoch nicht die erhofften Resultate erbracht. Die Ursachen werden zum einen darin gesucht, dass die Unternehmen keine ausreichende *Absorptionsfähigkeit* für die Aufnahme neuen Wissens haben, und zum anderen darin, dass akademische Forschungsergebnisse nur selten praxisrelevant sind. Der ehemalige Forschungsvorstand von Daimler-Benz, Hartmut Weule, hat die Situation in folgendes Bild gebracht: Neues Wissen entsteht heute nicht in luftigen Höhen, aus denen es von allein in die Niederungen der Praxis herabfließt, sondern in tief ausgeschürften Gruben der akademischen Fächer und Disziplinen, aus denen es erst ans Tageslicht der Produktentwicklung *gepumpt* werden muss. (Aus: *Forschungspolitik in Deutschland. Diskussion mit Hartmut Weule*, Alfred-Herrhausen-Gesellschaft Frankfurt/Main 1995)

Wechselwirkungen zwischen Forschung, Markt und Technikgenese stattfinden und wie sie sich politisch beeinflussen ließen.
Rekursive Modelle lehnen die Vorstellung einer linearen Sequenz von Innovationsschritten ab, wie sie vom Phasenmodell unterstellt wird. Stattdessen werden die verschiedenen Stufen des Innovationsprozesses iterativ durchlaufen. Da die Entwicklung neuer Technik nicht nur auf vorhandenen Erkenntnissen beruht, sondern selbst neue Fragen und Probleme aufwirft, gibt es auch eine rekursive Kopplung zwischen technischer Entwicklung und Forschung. Der wesentliche Nachteil rekursiver Modelle ist darin zu sehen, dass eine Vorstellung von der Reihenfolge zeitlicher Abläufe verlorengeht.
Neuere *Interaktionsmodelle* erkennen die Parallelität und Eigenständigkeit von Wissenschafts- und Technikentwicklung an. Ihre Stärke liegt in der differenzierten Betrachtung der Wechselwirkungsmechanismen zwischen Wissenschafts- und Technologiesystem, allerdings bleiben die verschiedenen Teilaktivitäten im Innovationsprozess unklar.

Bisher konnte keines der vorgeschlagenen Modelle vollends überzeugen und den verschiedenen praktischen und erkenntnisorientierten Ansprüchen vollauf genügen. Insbesondere für die forschungs- und technologiepolitisch wichtige Frage nach geeigneten Instrumenten zur Förderung von Forschung, technischer Entwicklung sowie des Wissens- und Technologietransfers fehlt es an einer adäquaten Vorstellung der Beziehungen von Wissenschaft und Technik. Um ein Fundament für die Behandlung eben dieser Instrumente in den Kapiteln 5 und 6 zu legen, soll in den nächsten beiden Abschnitten ein eigenes Modell entworfen werden, das den folgenden Leitideen folgt:

1) **Wissenschafts- und Technologiesystem sind eigenständig.**

   Obwohl Wissenschaft und Technik oft in einem Atemzug genannt werden, sollte man sie analytisch trennen, um ihre spezifischen Zielorientierungen und Aktivitäten in den Blick zu bekommen. Wissenschafts- und Technologiesystem haben eine je eigene Entwicklungslogik. Die Asynchronität von Technik- und Wissenschaftsentwicklung, die sich in historischen Fallbeispielen zeigt, sollte mit dem Modell abgebildet werden können.

2) **Zwischen Wissenschafts- und Technologiesystem bestehen komplexe Kopplungsmechanismen.**

   Nur wenn man eine Vorstellung davon besitzt, worüber Wissenschafts- und Technologiesystem miteinander und mit anderen gesellschaftlichen Subsystemen (insbesondere Wirtschaft und Politik) verkoppelt sind, kann man potentiell geeignete Steuerelemente identifizieren. Das Modell sollte erlauben zu erkennen, wo Entwicklungen in Wissenschaft und Technik eigengesetzlich verlaufen und wo externe Einflussnahme möglich erscheint.

3) **Wissenschaftliche und technische Aktivitäten orientieren sich an jeweils spezifischen Zielen.**

   Es gibt verschiedene Formen wissenschaftlicher und technischer Aktivitäten, insbesondere auch in den hier vorrangig interessierenden, auf Fortschritt abzielenden Teilaktivitäten Forschung und technische Entwicklung. Das Modell sollte diese differenziert repräsentieren.

2.3 Quadrantenmodell der Zielorientierung

Wie bereits zuvor erläutert, können das Wissenschafts- und Technologiesystem als ausdifferenzierte Teilsysteme der menschlichen Gesellschaft angesehen werden. Sie sind im Laufe der Zeit durch Arbeitsteilung entstanden. Jedes Subsystem hat spezifische Aufgaben übernommen. Mit dieser Differenzierung geht einher, dass kein anderes gesellschaftliches Teilsystem mehr diese Leistungen erbringen kann. Jedes ausdifferenzierte Teilsystem muss sich also selbst stimulieren und seine konstitutiven Elemente selbst reproduzieren können. In der Biologie hat sich dafür der Ausdruck *Autopoiesis* eingebürgert, den NIKLAS LUHMANN – wenngleich auf Kommunikationssysteme verengt – gewinnbringend auf sozialwissenschaftliche Sachverhalte übertragen hat.[42]

Mit jeder spezifischen Aufgabe, die ein Teilsystem zu erfüllen hat, geht eine intrinsische Zielrichtung einher. Nun bleibt das Teilsystem ja aber in ein größeres Ganzes eingebunden und hat seine Aufgabe nicht allein als reinen Selbstzweck, sondern für das Ganze zu erfüllen. Zum einen muss es deshalb Schnittstellen zwischen Teilsystem und Umwelt geben, zum anderen entsteht so ein Spannungsfeld zwischen *intrinsischer* und *extrinsischer* Zielorientierung. Die beiden Zielorientierungen sind aber nicht die Enden eines linearen Kontinuums, sondern bezeichnen eher zwei unabhängige Dimensionen.

Dieser hier entwickelte systemtheoretische Grundgedanke stellt die Idee von DONALD E. STOKES (1927 - 1997), Forschungstypen nach den zwei unabhängigen Zielen *Verständnis-* und *Anwendungsorientierung* zu klassifizieren,[43] in einen allgemeineren Rahmen. Wegen seines richtungsweisenden Ansatzes wurde STOKES' zweidimensionalen Quadrantenmodell von Forschungstypen hier adaptiert und geringfügig modifiziert **(Abschnitt 2.3.1)**. Für die Technikgenese, die auf Entwicklung neuer Technik gerichteten Teilaktivität des Technologiesystems, wurde ein analoges Modell aufgestellt **(Abschnitt 2.3.2)**. Die Zuordnung in die Quadranten kann jeweils nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen **(Abschnitt 2.3.3)**.

Die Wechselwirkungen zwischen Wissenschafts- und Technologiesystem, ihren Teilaktivitäten und mit ihrer Systemumwelt wurden in einem Input-Output-Modell untersucht **(Abschnitt 2.4)**. Hier kommt es darauf an, die konstitutiven (autopoietischen) Elemente von den von außen zugeführten (und damit steuerbaren) zu unterscheiden.

2.3.1 Wissensproduktion

Im Folgenden interessiert von den drei Aktivitäten der Wissenschaft – Wissensproduktion, -vermittlung und -bewahrung – nur die wichtigste: die Forschung. Im Selbstverständnis akademischer Wissenschaftler wird Verständnis als die genuine Zieldimension von Forschung angesehen, Praxisrelevanz als sekundäre. Die intrinsische Orientierung an der Verbesserung des Verständnis führt zu einer Selbststimulierung von Forschung, die extrinsische Orientierung auf Anwendung des gewonnenen Wissens rechtfertigt ihren Nutzen für die Gesellschaft im Ganzen. Wie Tabelle 2.2 zeigt, spannen die beiden Zieldimensionen vier Quadranten auf, die im Folgenden erläutert werden.

[42] Siehe Humberto Maturana und Francisco Varela, *Autopoiesis and Cognition*, Reidel Dordrecht 1980, bzw. Niklas Luhmann, *Die Wissenschaft der Gesellschaft*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1990.

[43] Vgl. Donald E. Stokes, *Pasteur's Quadrant. Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Institution Press Washington D.C. 1997, S. 70ff.

	Bohrs Quadrant	Pasteurs Quadrant	Edisons Quadrant	Linnés Quadrant
Orientierung	Verständnis	Verständnis und Anwendung	Anwendung	Weder Verständnis noch Anwendung
Resultat	Strukturwissen	Verfügungswissen	Handlungswissen	Faktenwissen
Forschungsart	Erklärungsorientierte Grundlagenforschung	Anwendungsorientierte Grundlagenforschung	Angewandte Forschung	Phänomenorientierte Grundlagenforschung
Typisches Feld	Theoretische Physik	Krebsforschung	Ingenieurfächer	Botanik, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
Typische Einrichtung	MPI (Deutschland)	NIH (USA)	Industrielle FuE	Unis, Statistisches Bundesamt

Tabelle 2.2: Quadranten der Zielorientierung für die Forschung

Bohrs Quadrant Forschungsvorhaben dieses Quadranten zielen auf *Verständnis*. Etwas zu verstehen bedeutet, es zu kennen und auch erklären zu können.[44] Forschungsvorhaben dieser Art starten typischerweise mit Fragen der Art: *Warum* geschieht dieses oder jenes? Solche Fragestellungen entstehen meist wissenschaftsintern und sind in disziplinäre Forschungsprogramme eingebunden.

Das Vorgehen ist überwiegend deduktiv und hypothesengeleitet. Das Resultat solcher Forschungsvorhaben lässt sich am besten mit dem Wort *Strukturwissen* beschreiben. Mit Strukturwissen lassen sich Fakten in Zusammenhänge einordnen und erklären. Es reduziert Komplexität durch Theoriebildung und erlaubt Vorhersagen. Strukturwissen kann sowohl von Natur- als auch Sozial- und Geisteswissenschaften hervorgebracht werden. Es enthält stets theoretische Elemente.

Für Forschungen dieser Art soll der Begriff *erklärungsorientierte Grundlagenforschung* vorgeschlagen werden. Typischerweise wird sie in staatlich finanzierten, akademischen Forschungseinrichtungen wie beispielsweise den deutschen Max-Planck-Instituten betrieben. DONALD E. STOKES hat sehr treffend den Theoretischen Physiker NILS BOHR (1885 - 1962) als Namenspatron für diesen Quadranten vorgeschlagen.

Pasteurs Quadrant Forschungsvorhaben dieses Quadranten sind gleichzeitig auf *Anwendung* und auch *Erklärung* hin orientiert. Es wird sowohl nach dem *Wie?* als auch nach dem *Warum?* gefragt. *Verfügungswissen* charakterisiert das Resultat solcher Forschungsvorhaben wohl am treffendsten. Es wird nicht nur von naturwissenschaftlich-technischen Fächern generiert, sondern beispielsweise auch von Medizin und Ökonomie. Gemeint ist ein Forschungstyp, dessen Ergebnisse erhoffen oder erwarten lassen, zukünftig aus besserer Einsicht neue Mittel und Wege zu finden, um Praxisprobleme geeigneter zu lösen. Im Regelfall sind die Wege zwischen Forschungsergebnis und (technischer) Anwendung jedoch unübersichtlich und erfordern noch einmal einen hohen Aufwand. Direkte Umsetzungen in marktfähige Produkte innerhalb der für Industrieunternehmen typischen Planungszeiträume sind eher selten.

[44] Eine philosophische Begriffsexplikation von „Erklären“ am Beispiel verschiedener fachwissenschaftlicher Erklärungsformen findet man bei Wolfgang Stegmüller, *Probleme und Resultate der Analytischen Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Bd. I, *Wissenschaftliche Erklärung und Begründung*, Springer Berlin 1974.

In Anlehnung an JÜRGEN MITTELSTRASS[45] soll für Forschungen dieser Art der Begriff *anwendungsorientierte Grundlagenforschung* vorgeschlagen werden. In diese Rubrik zählen insbesondere die überwiegend staatlich, aber zum Teil auch privatwirtschaftlich finanzierten strategischen Forschungsvorhaben. Typische Beispiele sind die Hochtemperatursupraleitungs- oder die Krebsforschung. STOKES hat LOUIS PASTEUR (1822 - 1895) als Namenspatron ausgewählt, ein Pionier der Mikrobiologie und deren erfolgreicher Anwendung z. B. bei der Haltbarmachung von Lebensmitteln.

Edisons Quadrant Die Forschungen dieses Quadranten sind rein auf *Nutzanwendung* orientiert. Es gilt, passende Mittel zu gegebenen Zwecken aufzufinden, ohne danach zu fragen, warum diese Mittel erfolgreich sind. Typischerweise interessiert man sich dafür, *wie* man ein bestimmtes Ziel erreichen kann, und nicht dafür, warum das sich als geeignet erweisende Mittel zielführend ist. Versuch-und-Irrtum ist dabei meist die Methode der Wahl – das Ergebnis besteht in Faustformeln, Kochrezepten und Best-Practice-Lösungen. Solches Handlungswissen unterscheidet sich von Verfügungswissen dadurch, dass es keine Informationen über seine Wirkungsgründe enthält. Handlungswissen ist das typische Produkt von Ingenieurfächern.
Für Forschungsvorhaben dieser Art hat sich schon lange der Begriff *angewandte Forschung* eingebürgert. Angewandte Forschung findet vor allem in der Wirtschaft statt und geht oft mit Entwicklungsaktivitäten einher. Ein prominenter Vertreter dieser Forschungsrichtung ist THOMAS ALVA EDISON (1847 - 1931), der über 6.000 verschiedene Materialien als Glühfäden ausprobierte, bis er mit verkohlten Bambusfäden ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielte.[46]

Linnés Quadrant Während die oben beschriebenen drei Quadranten schon länger unter anderen Namen diskutiert wurden, führt STOKES' zweidimensionales Modell konsequenterweise einen weiteren Quadranten ein, der *weder auf Verständnis noch auf Anwendung* orientiert ist. STOKES war offensichtlich etwas ratlos, was sich dahinter verbergen könnte. Der Verfasser möchte vorschlagen, hier diejenigen Forschungsvorhaben zu verbuchen, die auf Beschaffung von Phänomenen und Fakten zielen, ohne einen Bezug auf Erklärungen oder mögliche Nutzanwendungen herzustellen. Dazu gehören:

- neugierdegeleitetes Sammeln und Klassifizieren von Phänomenen und Fakten, z. B. von Pflanzen in der Botanik oder von historischen Fakten in der Geschichte
- theoriegeleitetes Erfassen von Fakten, z. B. präzises Messen von Naturkonstanten oder Substanzeigenschaften
- von lebensweltlichen Belangen angeregte Datenerfassung, z. B. von Zeitreihen der Geburts- und Sterberaten in verschiedenen Ländern
- von der Experimentiertechnik getriebene Explorationen, z. B. Erschließung neuer Phänomenbereiche mittels neuer Experimentierapparate

[45] Auch der Wissenschaftsphilosoph MITTELSTRASS argumentiert dafür, die Dichotomie zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung aufzugeben. Er plädiert für eine Trias aus „reiner Grundlagenforschung“, „anwendungsorientierter Grundlagenforschung“ und „produktorientierter Anwendungsforschung“. Vgl. J. Mittelstraß, *Die Häuser des Wissens*, Suhrkamp Frankfurt/M. 1998, S. 74ff.

[46] Vgl. Wolfgang König [Hrsg.], *Propyläen Technikgeschichte*, Bd. IV, S. 324.

Solche Forschungsvorhaben fragen typischerweise danach, *was* unter bestimmten Umständen passiert oder welcher Klasse ein Objekt aufgrund seiner Eigenschaften zuzuordnen ist. Das Vorgehen bei solchen Forschungsvorhaben ist betont induktiv und fast ausschließlich empirisch. Beobachten, Messen und Klassifizieren sind die Methoden der Wahl. Forschungen dieser Art zielen auf Faktenwissen. Der große Botaniker CARL VON LINNÉ (1707 - 1778) mag pars pro toto für diese Forschungsrichtung stehen, die der Verfasser als *phänomenorientierte Grundlagenforschung* bezeichnen möchte. Sie ist vor allem in akademischen Einrichtungen anzutreffen. Aber auch die Datenerfassungen von Ressortforschungseinrichtungen lassen sich hier subsummieren.

2.3.2 Technikgenese

Analog zur Wissenschaft lassen sich auch in der technischen Praxis drei verschiedene Aktivitäten unterscheiden: Entwicklung, Nutzung und Bewahrung. Entwicklung zielt auf die Erweiterung des menschlichen Arsenals um neue oder verbesserte Technologien, die dann anschließend genutzt und verbreitet werden. Technische Artefakte sind das Leitgut des Technologiesystems. Da aber ein technisches Artefakt ohne Know-how, wie es zu bedienen ist, nahezu wertlos ist, muss die technische Praxis stets auch Manpower hervorbringen, die das notwendige Know-how besitzt.
Im Folgenden wird nur die Komponente der technischen Entwicklung betrachtet, also das zeitliche Inkrement.[47] Analog zu STOKES' Modell für Forschung sollen zwei Zieldimensionen der technischen Entwicklung vorgeschlagen werden: Orientierung auf Machbarkeit bzw. auf Nachfrage. Für viele Techniker ist Machbarkeit die Leitorientierung – der Nachweis der Realisierbarkeit eines Vorhabens lässt das Herz eines Ingenieurs höher schlagen. Da technische Artefakte aber zumeist von Wirtschaftsunternehmen entwickelt und produziert werden, ist eine kaufmännische Orientierung auf nachgefragte Artefakte auf Dauer unumgänglich. Wie Tabelle 2.3 zeigt, spannen die beiden Zieldimensionen vier Quadranten auf, die im Folgenden erläutert werden.

	Zuses Quadrant	**Fords Quadrant**	**Kennedys Quadrant**	**Da Vincis Quadrant**
Orientierung	Machbarkeit	Machbarkeit und Nachfrage	Nachfrage	Weder Machbarkeit noch Nachfrage
Resultat	Prototypen und Pilotanlagen	Marktgängige Produkte und Verfahren	Markt- und Bedarfsanalysen	Ideen, Konzepte
Entwicklungsschritt	Invention	Innovation	Bedarfsanalyse	Entwurf
Typische Akteure	Einzelerfinder	Entwicklungsabteilung in der Industrie	Marktforscher	Forscher in Industrie und Hochschule

Tabelle 2.3: Quadranten der Zielorientierung für die technische Entwicklung

Zuses Quadrant Entwicklungsvorhaben dieses Quadranten zielen darauf, die *Machbarkeit* eines bestimmten Artefakts nachzuweisen. Ein Entwurf wird als neuartiges Artefakt materialisiert, indem vorhandene Techniken und Know-how neu kombiniert und

[47] Anmerkung zum Begriffsgebrauch: In dieser Arbeit werden die Ausdrücke „Technikgenese“ und „technische Entwicklung“ synonym verwendet, um die Entwicklung neuer Technologien zu bezeichnen, während „Technikentwicklung“ mehr im Sinne der historischen Entwicklung des gesamten Technologiesystems benutzt wird. „Technikgenese“ und „Technikentwicklung“ sind also die Analoga zu den Begriffen „Forschung“ bzw. „Wissenschaftsentwicklung“ im Wissenschaftssystem.

verändert werden. Es erfolgt also eine Übersetzung von Geistigem in Materiales. Ist das Entwicklungsvorhaben erfolgreich, stehen an seinem Ende Prototypen, Pilot- und Demonstrationsanlagen.

Im Regelfall können Prototypen nicht zu marktfähigen Preisen hergestellt werden. Sie sind Einzelanfertigungen, die nur geringe Nutzung und Verbreitung erfahren. In der Innovationsforschung hat man für diesen Schritt der Technikgenese den Begriff *Invention* eingeführt. Man hat hier den von einer Idee besessenen Bastler, den klassischen Einzelerfinder, vor Augen. Aber natürlich finden Inventionen auch in den FuE-Abteilungen der Industrie statt, nur dass diese aufgrund der Geheimhaltung nur selten öffentliche Aufmerksamkeit erregen. KONRAD ZUSE (1910 - 1995) wäre ein geeigneter Namenspatron für diesen Quadranten. Mit seinem lauffähigen Computer Z3 (1941) war er seiner Zeit um einige Jahre voraus. Interesse an seinen Rechenmaschinen gab es damals kaum.

Fords Quadrant Entwicklungsvorhaben dieses Quadranten sind gleichzeitig auf *Machbarkeit und Nachfrage* hin orientiert. An ihrem Ende stehen Artefakte, die massiv nachgefragt werden und weit verbreitet Nutzung finden.

Die Innovationsforschung spricht hier von *Innovationen*, die im Unterschied zu Inventionen marktgängig sind und dementsprechend die betroffenen Wirtschaftssektoren zum Teil radikal transformieren. In diese Rubrik zählen beispielsweise die Eisenbahn, der Verbrennungsmotor oder das Fließband. Innovationen entstehen selten ad hoc, sondern haben meist Vorläufer in Inventionen oder anderen Schlüsselinnovationen. Realisiert werden sie meist von aufstrebenden Wirtschaftsunternehmen, die aufgrund der Innovation einen signifikanten Wettbewerbsvorteil erringen können. Stellvertretend sei HENRY FORD (1863 - 1947) herausgegriffen, dessen Einführung des Fließbandes in die Automobilproduktion deren Kosten deutlich senkte und so den Siegeszug des Autos als Massenfortbewegungsmittel erst möglich machte.

Kennedys Quadrant Dieser Quadrant ist auf *Nachfrage*, nicht jedoch auf Machbarkeit orientiert. Darunter fallen alle Aktivitäten, die darauf zielen, die gegenwärtige Nachfrage oder einen zukünftigen Bedarf an existierenden oder noch zu entwickelnden Technologien zu erkennen. Es handelt sich also hierbei um einen kognitiven Schritt. Hierzu zählen sehr heterogene Aktivitäten, darunter klassische Marktforschung, Eruierung von Verbesserungswünschen bei Kunden und auch das, was ERICH JANTSCH (1929 - 1980) *Normative Technological Forecasting*[48] genannt hat. Während Marktforschung an der kurzfristigen Entwicklung der Marktnachfrage interessiert ist, geht bedarfsorientierte Technologievorausschau von langfristig bedeutsamen gesellschaftlichen Bedarfsfeldern aus.

Ohne Kenntnis dessen, was von potentiellen Nachfragern gewollt wird, sind erfolgreiche Innovationen reine Glückstreffer. Man könnte JOHN F. KENNEDY (1917 - 1963) als Namenspatron für diesen Quadranten auswählen, weil er mit seiner Ankündigung, er wolle einen Amerikaner als ersten Menschen auf dem Mond sehen, den Raketenbauern der USA ein klares Signal gab, wofür die Regierung bereit war, viel Geld auszugeben. Um die Machbarkeit des Projekts musste sich nicht primär der Präsident kümmern, sondern WERNHER VON BRAUN (1912 - 1977) und dessen NASA-Techniker.

[48] Erich Jantsch, *Technological Forecasting in Perspective*, OECD Paris 1967, S. 15.

Da Vincis Quadrant Die in diesen Quadranten fallenden Tätigkeiten sind *weder auf Machbarkeit noch auf Nachfrage* hin orientiert. Sie zielen auf Ideen, Visionen und Konzepte für neue technische Artefakte, zunächst unabhängig davon, ob diese auch tatsächlich realisiert und nachgefragt werden.

Diesen Entwicklungsschritt bezeichnet man üblicherweise als *Entwurf*. Ein Meister großer Entwürfe war LEONARDO DA VINCI (1452 - 1519), der auf seinen Skizzenblättern beispielsweise Hubschrauber und U-Boote entwarf, ohne je auf Realisierung der Projekte hoffen zu können. Auch heute geht dem Bau von neuen Artefakten im Regelfall eine Entwurfsphase voraus, in der technische Zeichnungen von Hand oder computergestützt *(**C**omputer **A**ided **D**esign)* erstellt werden. Kühnere und von einer Realisierung weiter entfernte technische Visionen werden nicht selten in der *Science-Fiction*-Literatur – man denke nur an die Bücher von JULES VERNE oder STANISLAW LEM – oder auch gelegentlich en passant in Forschungsprojekten geboren.

2.3.3 Einordnung in die Quadranten

Bisher wurde noch nichts dazu gesagt, wie man eigentlich die Orientierung einer gegebenen Forschungs- bzw. Entwicklungsaktivität feststellen kann. Was sind die Kriterien? Wessen Einschätzung soll hierfür maßgeblich sein? Soll die Beurteilung ex ante oder ex post erfolgen? Kann man die Einordnung bereits am Typ der Einrichtung festmachen, in der die Aktivität stattfindet?

Kriterien Prinzipiell kann man drei verschiedene Ebenen bei der Beurteilung in Betracht ziehen: Zum einen kann man den Input heranziehen, d. h. im Falle der Forschung insbesondere die verfolgten Fragen und im Falle der technischen Entwicklung die gesetzten Ziele. Zum zweiten kann man auf die Durchführung abheben, d. h. auf die benutzten Methoden und auf die ausgeführten Tätigkeiten. Zum dritten kann man den Output betrachten, d. h. die Art des erzeugten Wissens oder den erreichten technischen Entwicklungsstand. A priori ist nicht sicher, dass die Einschätzung auf allen drei Ebenen zum gleichen Resultat kommen muss.

Im Falle der Forschung ist beispielsweise denkbar, dass eine Forschungsfrage durch ein Praxisproblem motiviert ist, Durchführung (z. B. Datenerhebung) und Resultat aber keinerlei Praxisrelevanz besitzen. Umgekehrt ist denkbar, dass eine rein verständnisgeleitete Fragestellung zu Resultaten führt, die anwendungsrelevant sind.

Im Falle der technischen Entwicklung scheint es so zu sein, dass man je nach gewählter Betrachtungsebene ein völlig anderes Bild erhält: Klassifiziert man beispielsweise ein Entwicklungsprojekt hinsichtlich des Outputs als Innovation, so wird man hinsichtlich der Durchführung feststellen, dass es auch Tätigkeiten umfasste, die man Kennedys Quadrant (Bedarfsanalyse), da Vincis Quadrant (Entwurf) und Zuses Quadrant (Pilotanlage) zuordnen müsste. Darauf wird im Abschnitt 2.7.2 noch einmal einzugehen sein. Welche Betrachtungsebene man sinnvollerweise heranziehen sollte, hängt vom Erkenntnisinteresse ab. Es scheint, als würden die bisher diskutierten Modelle des Innovationsprozesses jeweils eine andere Ebene ins Kalkül ziehen: Lineare Modelle heben auf den Output ab, rekursive auf die Durchführung und zirkuläre/interaktive besonders auf den Input.

Beurteilung ex ante oder ex post Bei Forschungs- und Entwicklungsvorhaben besteht oft ein hohes Maß an Unsicherheit, ob die zuvor gesetzten Ziele erreicht werden. Beurteilungen ex ante haftet daher ein Risiko der Fehleinschätzung an, dessen Ausmaß vom bisher erreichten Wissens- bzw. Entwicklungsstand abhängt: Je weniger ein Forschungsvorhaben auf verlässlichem Strukturwissen beruht, desto größer sind die möglichen Überraschungen. Analog gilt in der Technik, dass die Unsicherheit, ob der jeweils nächste Entwicklungsschritt erreicht wird, desto größer ist, je weniger Machbarkeit und Marktfähigkeit des anvisierten Artefakts erwiesen sind. Es passiert durchaus, dass ein Entwicklungsvorhaben, an dessen Ende man eine marktgängige Innovation erhoffte, in da Vincis oder Zuses Quadrant steckenbleibt.

Es mag daher nahe liegen, Betrachtungen ex post den Vorzug zu geben, weil man sie an Fakten festmachen kann. Hinterher steht fest, ob man die Ziele erreicht bzw. was man herausgefunden hat. Doch zumindest in der Forschung sind auch Ex-post-Urteile keine fixe Größe, sie können sich mit der Zeit ändern. So wurde z. B. die Zahlentheorie über Jahrhunderte als Sinnbild eitler Gedankenspiele angesehen. Heute sind ihre Ergebnisse aber unvorhergesehen für das technische Problem der Kryptographie wertvoll und unverzichtbar geworden. Es ist eben genau dieses Phänomen – dass Forschungen, deren Fragestellungen und Resultate völlig anwendungsfern erschienen, später anwendungsrelevant werden –, welches dem linearen Modell eine gewisse Evidenz verlieh.

Trotz der Schwierigkeiten, mit denen Ex-ante-Beurteilungen behaftet sind, wird man aus pragmatischen Gründen oft zu ihnen gezwungen sein. Denn bei Entscheidungen, welche FuE-Vorhaben gefördert werden sollen, sind allein Einschätzungen ex ante relevant.

Urteilende Bei Einschätzungen ex ante hängt die Beurteilung aber oft davon ab, wessen subjektive Einschätzung zur Beurteilung herangezogen wird – z. B. die der Forscher bzw. Entwickler oder die der Finanziers?

Es ist kein Geheimnis, dass sich die Erwartungshaltungen der Forschungsfinanziers und der Antragsteller nicht immer decken. Aufgrund der unvermeidlichen Informationsasymmetrie zwischen Antragsteller und Forschungsmittelgeber greifen manche Forscher deshalb ungestraft auf Methoden zurück, die als „Etikettenschwindel“ und „Ressourcensplitting“ bezeichnet werden: Es wird in Anträgen ein praktischer Nutzen der erwarteten Resultate behauptet, obwohl dem Antragsteller insgeheim schon klar ist, dass er nicht realisiert werden kann. Verbreitet ist auch die Taktik, nur einen Teil der bewilligten Mittel für das angegebene Ziel einzusetzen, und so den Bewilligungsbescheid zu unterlaufen.

Dennoch bekommt man den realistischsten Eindruck von den Zielen eines Forschungsvorhabens wohl dadurch, dass man die Forscher darüber befragt, welche Fragen sie bei ihren Forschungen leiten, woher sie ihre Motivation beziehen und welche Relevanz der Ergebnisse sie erwarten. Denn jede Forschung startet immer mit konkreten Fragen oder einem Staunen über enttäuschte Erwartungen. POPPER hat einmal gesagt, „Beobachten Sie!“ sei eine unsinnige Aufforderung, man müsse schon sagen, was und weshalb beobachtet werden soll, um zu wissen, worauf man achten muss.[49]

Ähnliches wie für die Forschung gilt auch für die technische Entwicklung, bei der die Einschätzungen der Entwickler die einzige Basis für eine rationale Beurteilung der Er-

[49] Vgl. Karl R. Popper, *Conjectures and Refutations*, Routledge London 1965, S. 46, oder den Aufsatz *Evolution and the Tree of Knowledge* in *Objective Knowledge*, Clarendon Press Oxford 1972.

folgsaussichten eines Vorhabens sind. Zwar können auch Techniker ihren Informationsvorsprung ausnutzen, aber Täuschungsmanöver sind hier langfristig weniger attraktiv, da sich in der Technologieentwicklung der Erfolg eines Projekts eindeutiger und zeitnäher messen lässt – im Grunde zählt ja nur, ob es funktioniert hat oder nicht. Wer immer zu hohe Erwartungen weckt, verliert seine Glaubwürdigkeit.

Einrichtungen Die bisherigen Erläuterungen bezogen sich darauf, wie man ein FuE-Projekt oder Teilvorhaben davon in den Quadranten verorten kann. Interessant ist aber auch die Fragestellung, wie sich eine ganze Einrichtung – etwa ein bestimmtes Forschungsinstitut – in den Quadranten wiederfinden würde. Vermutlich würde man feststellen, dass jede Einrichtung in mehreren Quadranten aktiv ist, jedoch mit einer für die Art der Einrichtung typischen Gewichtsverteilung. Beispielsweise würde man die Aktivitäten von Max-Planck-Instituten vor allem in Bohrs und Linnés Quadrant vermuten, dagegen Fraunhofer-Institute besonders in Edisons, da Vincis und Zuses Quadrant. Dies bedürfte der weiteren empirischen Untersuchung, die im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht geleistet werden kann.

2.4 Interdependenzen Wissenschaft – Technik – Gesellschaft

Wie bereits im Abschnitt 2.2.4 ausgeführt, behandelt diese Arbeit das Wissenschafts- und Technologiesystem als jeweils eigenständige gesellschaftliche Teilbereiche, da dieses Vorgehen ihre Charakteristika und Interdependenzen deutlicher in den Blick treten lässt. Für die Frage der gesellschaftlichen Steuerbarkeit von Wissenschaft und Technik, die in den Kapiteln 5 und 6 eine Rolle spielt, bedarf es Klarheit darüber, wie die Austauschbeziehungen zwischen Wissenschaftssystem, Technologiesystem und übriger Gesellschaft aussehen. Denn Steuerung kann nur über solche Systembestandteile erfolgen, die von außen zugeführt und nicht vom System selbst hervorgebracht werden. Die Abbildung 2.1 zeigt ein Input-Output-Modell der beiden sozialen Systeme, an dem sich die Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft, Technik und Gesellschaft studieren lassen.
Zunächst kann man einen Strom *externer Ressourcen* – Geld, Personen, Institutionen, Stoffe, Energie – identifizieren, die durch das Wissenschafts- und Technologiesystem hindurch fließen. Diese Ressourcen sind für Wissenschaft und Technik unverzichtbar, aber sie sind nur Material. Da das Wissenschafts- und Technologiesystem diese Ressourcen nicht selbst erzeugen können, sind sie über diese steuerbar. Diese Steuerung ist jedoch nur indirekter Natur, da die externen Ressourcen nur mittelbare Voraussetzungen für die Systemfunktion sind.
Die *konstitutiven Elemente* eines Systems zeichnen sich dadurch aus, das sie vom betreffenden System selbst erzeugt werden können. Im Wissenschaftssystem lassen sich die konstitutiven Elemente

- Wissen,
- Manpower,
- Methoden,
- Fragen

identifizieren, im Technologiesystem die konstitutiven Elemente

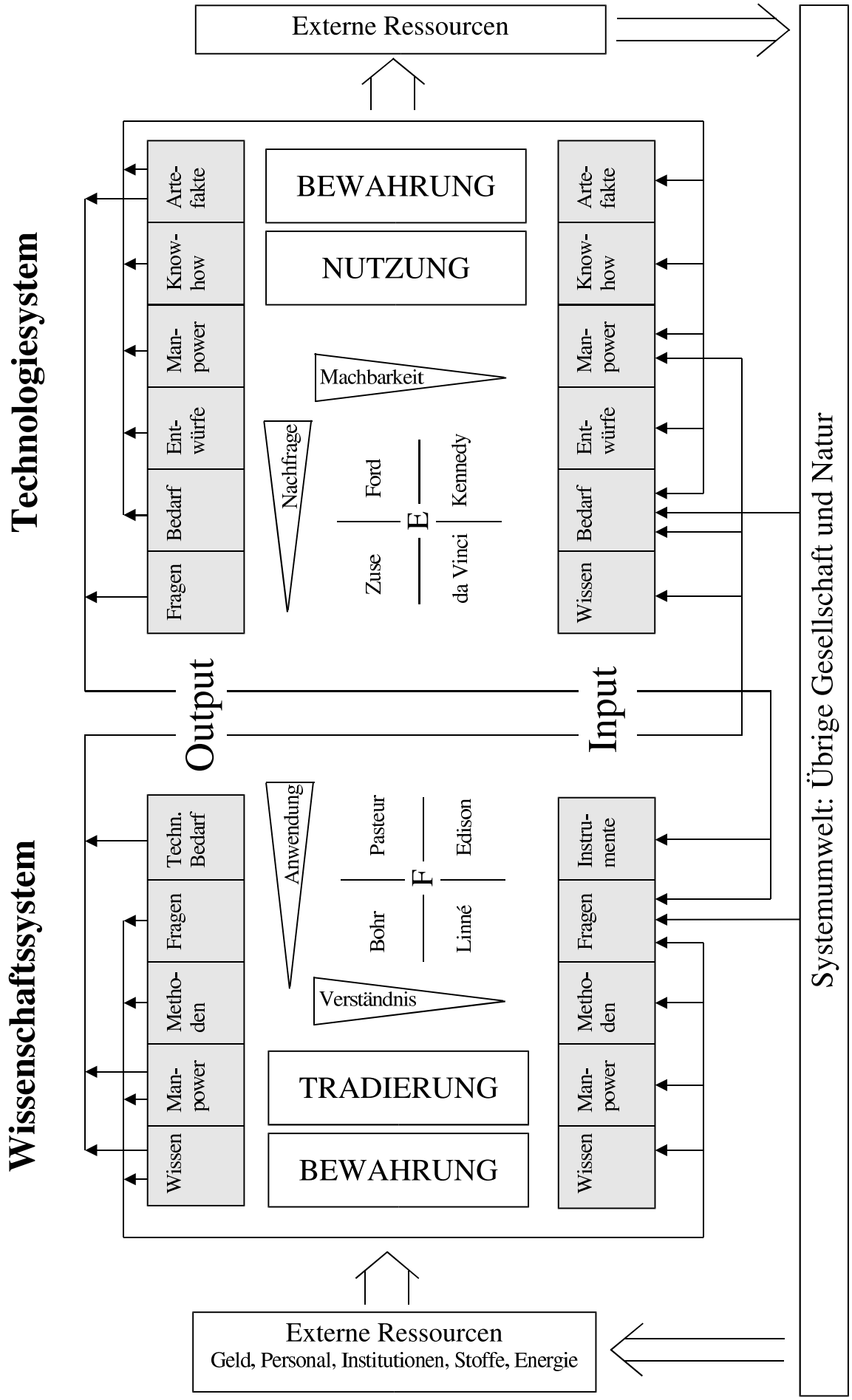

Abb. 2.1: Wechselbeziehungen zwischen Wissenschafts- und Technologiesystem

- technische Artefakte,
- Know-how,
- Manpower,
- Entwürfe,
- Bedarf.

Einige der konstitutiven Elemente sind im Grunde nichts anderes als materielle Ressourcen, die zusätzliche Eigenschaften erhalten haben: Beispielsweise werden Personen durch Qualifizierung zu wissenschaftlicher Manpower; der Natur entnommene Rohstoffe werden durch Umwandlung zu Werkstoffen und damit zu technischen Artefakten. Andere konstitutive Elemente haben nur eine sehr lockere Bindung an den Strom externer Ressourcen, so etwa das von der Wissenschaft erzeugte Wissen.
Die konstitutiven Elemente sind gleichzeitig Input und Output eines Systems. Sie zirkulieren innerhalb des Systems und ermöglichen so eine Selbststimulierung und Selbststeuerung des Systems. Es gibt konstitutive Elemente, die ausschließlich vom System selbst produziert werden – hier ist eine direkte Steuerung von außen unmöglich. Ein Beispiel hierfür sind die technischen Artefakte, die ausschließlich vom Technologiesystem hervorgebracht werden können. Es gibt jedoch auch konstitutive Elemente, die zu einem gewissen Teil auch von außen eingespeist werden können. Beispielsweise können Fragen sowohl vom Wissenschaftssystem als auch von anderen gesellschaftlichen Teilsystemen generiert werden. Sofern konstitutive Elemente auch von der Systemumwelt eingespeist werden können, ist eine begrenzte direkte Steuerung von außen möglich.
Die konstitutiven Elemente werden zum einen zwischen den verschiedenen Teilaktivitäten innerhalb eines Systems ausgetauscht. Im Wissenschaftssystem zirkuliert beispielsweise Wissen zwischen Forschung, Lehre und Speicherung in Bibliotheken; im Technologiesystem werden Artefakte entwickelt, produziert, genutzt und eventuell in Technikmuseen für die Nachwelt aufbewahrt. Zum anderen gibt es aber auch einen Austausch mit der Systemumwelt: Manpower wandert vom Wissenschafts- ins Technologiesystem, Fragestellungen werden von außen an die Wissenschaft herangetragen usw. Besonders die Verbindungen zwischen Wissenschafts- und Technologiesystem sind sehr eng – so eng, dass viele Soziologen für eine Aufhebung der Unterscheidung zwischen Wissenschaft und Technik plädieren. Im hier entworfenen Modell, das ja beide Bereiche zu analytischen Zwecken trennt, gibt es entsprechend viele Wechselwirkungen zwischen beiden. Diese sollen im Folgenden näher analysiert werden.

Manpower Traditionell haben Handwerkerzünfte die professionelle technische Manpower ausgebildet und überwacht. Mit der im 18. Jahrhundert einsetzenden Industrialisierung etablierte sich eine neue technische Kaste, die Arbeiterschaft. Während in früheren Jahrhunderten akademisch ausgebildete Techniker nur in Leitungs- und Überwachungsfunktionen tätig waren, nimmt seit dem 2. Weltkrieg deren Anteil immer mehr zu. Mit zunehmender Anspruchsfülle der technischen Praxis werden (ungelernte) Arbeiter durch (akademisch) ausgebildete Techniker verdrängt.
Während heute ein großer Teil der technischen Manpower zuvor im Wissenschaftssystem ausgebildet und qualifiziert wird, ist der Rückfluss von Praktikern in die Wissenschaft

dagegen nur schwach ausgeprägt. Außer in ingenieurwissenschaftlichen Fächern werden kaum Praktiker auf Lehrstühle berufen.

Wissen Technische Entwicklung greift nicht selten auf den Wissensbestand der Wissenschaft zurück, auch hier ist die Verzahnung zwischen Wissenschaft und Technik seit der 2. Industriellen Revolution enger geworden. Der Rückgriff kann in allen Phasen der technischen Entwicklung erfolgen. Besonders ausgeprägt ist er aber bei den kognitiven Tätigkeiten *Bedarfsanalyse* (Kennedys Quadrant) und *Entwurf* (da Vincis Quadrant).

Fragen Gelegentlich lassen sich die Probleme, die bei der Entwicklung neuer technischer Artefakte auftauchen, nicht mit dem vorhandenen Wissen lösen. Es entsteht Forschungsbedarf. Technische Entwicklung ist also darauf angewiesen, Fragen in das Forschungsgeschehen (Edisons oder Pasteurs Quadrant) einbringen zu können. Fragen können in allen Quadranten entstehen, vor allem aber beim Bau von Prototypen (Zuses Quadrant).

Technologischer Bedarf Insbesondere die experimentell arbeitende Naturwissenschaft generiert ständig einen Bedarf nach neuem Experimentier- und Beobachtungsgerät.

Apparate und Instrumente Zum Teil decken die Experimentatoren ihren Bedarf an Experimentier- und Beobachtungsgerät durch Eigenbau selbst, zum anderen Teil werden Apparate von der kommerziellen Instrumentenindustrie bezogen. Die experimentell arbeitende Wissenschaft wird oft durch neue Instrumente und Apparate voran gebracht, mit denen neue Phänomene erzeugt bzw. beobachtet werden können. Wissenschaft ist besonders in ihren experimentell arbeitenden Zweigen ein Teil der technischen Praxis. Dort sind Wissenschaftler zugleich Techniker: Sie nutzen zum einen Apparate und Instrumente; zum anderen entwickeln sie auch neue Technologien.

Know-how Technische Artefakte sind ohne Know-how, wie man sie bedient, nahezu wertlos. Apparative Naturwissenschaft ist daher auf entsprechendes Know-how angewiesen. Zum Teil wird dies durch spezielle technische Manpower (Physik- und Chemielaboranten, Werkstätten mit verschiedenen Gewerken) abgedeckt, zum Teil erwirbt die wissenschaftliche Manpower selbst die erforderliche technische Kompetenz.
Ähnlich wie in Unternehmen wird auch in Forschungseinrichtungen Know-how nur in geringem Umfang kodifiziert. Und selbst wenn, so ist festzustellen, dass detaillierte Know-how-Beschreibungen oft nur als graue Literatur einem sehr begrenzten Leserkreis zur Verfügung stehen. Know-how wird selten sofort offen publiziert, sondern von den Forschern dazu genutzt, um sich in der Forschung einen Vorsprung vor konkurrierenden Gruppen zu bewahren oder um es kommerziell auszubeuten.

Das in Abbildung 2.1 skizzierte Modell behandelt das Wissenschaftssystem als Black Box, bei der nur die Inputs und Outputs registriert werden. Der folgende **Abschnitt 2.5** versucht nun, die Black Box ein Stück zu öffnen und innere Strukturen des Wissenschaftssystems offenzulegen. Der anschließende **Abschnitt 2.6** beleuchtet den juristischen Rahmen, der die sozialen Operationsweisen im Wissenschaftssystem reguliert. Danach kommt der **Abschnitt 2.7** auf die Dynamik von Wissenschaft und Technik zurück.

2.5 Binnendifferenzierung in Fächer und Disziplinen

Die wohl augenfälligste Binnenstruktur in der Wissenschaft sind ihre Fächer und Disziplinen. Sie betreffen sowohl die Wissenschaft als kognitives Unternehmen als auch die soziale Organisation der Wissenschaft. Sie spiegeln sich z. B. in der Bezeichung von Fakultäten und Instituten an den Universitäten wider. Bis ins 18. Jahrhundert gab es an den Universitäten nur vier Fakultäten: Theologie, Jura, Medizin und Philosophie. Im 19. Jahrhundert gliederten sich die Naturwissenschaften aus der Philosophie aus; im 20. Jahrhundert gewannen auch die Sozial- und Geisteswissenschaften zunehmend an Eigenständigkeit. Daneben entstanden an den technischen Bildungs- und Forschungseinrichtungen eine große Zahl technisch-praktischer Fächer. Heute lässt die Unübersichtlichkeit von über 4.000 Fächern die Einheit der Wissenschaft ernsthaft gefährdet erscheinen.[50]

Wissenschaftshistoriker und -soziologen haben festgestellt, dass wissenschaftliche Gemeinschaften durch gemeinsame Überzeugungen zusammengehalten werden, die das Erkenntnishandeln ihrer Mitglieder prägen, diesen aber oft nicht voll bewusst sind. THOMAS S. KUHN (1922 - 1996) spricht in diesem Zusammenhang von *Paradigmen*, LUDWIK FLECK (1896 - 1961) vom *Denkstil* und IMRE LAKATOS (1922 - 1974) von *Forschungsprogrammen*.[51] Die impliziten Vorstellungen betreffen

- soziale Normen und Erkenntnisinteressen (Was ist gute Wissenschaft? Was sind relevante Fragestellungen?),
- die Ontologie (Was gibt es für Entitäten in der Welt?),
- die Sprache (Wie benennen wir diese Entitäten? Wie beziehen wir uns auf sie in Sprechhandlungen?) und
- theoretische Annahmen (Welche Eigenschaften haben die Entitäten? In welchem Verhältnis stehen sie zu unseren empirischen Praktiken?).

Ähnlich wie eine Weltanschauung prägen sie die Weise vor, in der die Welt gesehen wird. Sie manifestieren sich in bestimmten Forschungspraktiken; seien es allgemein akzeptierte Methoden, charakteristische Schulbeispiele für Problemlösungen oder die Verwendung spezifischer Instrumente. Eine aktive wissenschaftliche Gemeinschaft zeichnet sich dadurch aus, dass sie bestimmte Gegenstände, Fragestellungen sowie Bearbeitungsmethoden wählt und andere ausschließt.

[50] Diese Zahl gibt MITTELSTRASS unter Berufung auf den Fächerkatalog des Hochschulverbandes an. Vgl. Jürgen Mittelstraß, *Die Häuser des Wissens*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1998, S. 30.

[51] Die Debatte um diese Begriffe ist derart ausgeufert, so dass es unmöglich ist, die hier vertretene Deutung, welche Art von Überzeugungen wissenschaftliche Gemeinschaften prägen, mit den Auffassungen anderer Autoren abzugleichen. Dem Leser sei auf jeden Fall die Lektüre der Originalwerke von FLECK, KUHN und LAKATOS empfohlen: Thomas S. Kuhn, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1976 (Original: *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press 1962) und Ludwik Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Eine Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1980 (Nachdruck, ursprünglich: Schwabe Basel 1935). Zu LAKATOS' Einführung des Terminus „Forschungsprogramm" im Kontext der wissenschaftsphilosophischen Debatte des 20. Jahrhunderts siehe seinen Aufsatz *Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme*, abgedruckt in: Imre Lakatos und Alan Musgrave [Hrsg.], *Kritik und Erkenntnisfortschritt*, Vieweg Braunschweig 1974 (Original: *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes*, in: Lakatos und Musgrave [Hrsg.], *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press 1970).

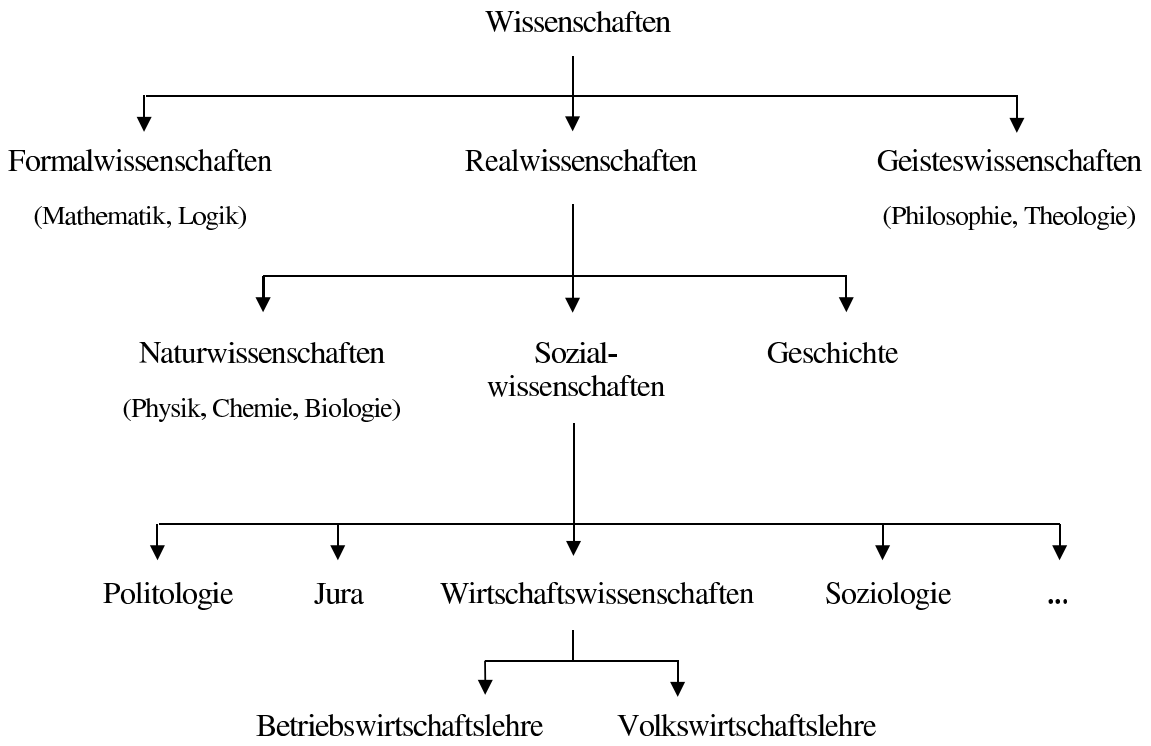

Abb. 2.2: Systematik der Wissenschaften

Von einem eigenständigen *Fach* kann man berechtigterweise dann sprechen, wenn eine wissenschaftliche Gemeinschaft, die sich zu einem bestimmten Forschungsprogramm bekennt, über entsprechende Lehrstühle, einen anerkannten Ausbildungsgang und eine eigene Zeitschrift verfügt. Eine *Disziplin* umfasst nach JÜRGEN MITTELSTRASS mehrere Fächer, deren einheitsstiftender Rahmen sie ist.[52] Auch die Disziplinen lassen sich wiederum zu größeren Gruppen zusammenfassen; üblich sind Klassifizierungen nach Gegenstandsbereichen und den benutzten Methoden. Im angelsächsichen Sprachraum ist die Differenzierung zwischen *Sciences* und *Humanities* üblich, was etwa der Unterscheidung zwischen messenden und verstehenden Wissenschaften entspricht. Die Abbildung 2.2 zeigt eine Systematik, wie man sie so oder ähnlich häufig in Einleitungen zu wirtschaftswissenschaftlichen Lehrbüchern[53] findet.

Dass es Disziplinen und Fächer gibt, daran kann kein Zweifel sein. Sie sind in Kommunikationskanälen und Karrierepfaden zementiert. Doch warum kommen diese Binnendifferenzierungen zu stande?

PETER WEINGART[54] gibt dafür eine kommunikationstheoretische Begründung: Die Wissenschaft ist wesentlich ein Kommunikationsprozess. Für jeden Forscher ist es wichtig, über Entwicklungen, die für seine eigenen Forschungsbemühungen relevant sein können, informiert zu sein. Da jeder Wissenschaftler nur begrenzte Aufnahmekapazität hat, muss

[52] Zur Klärung der Begriffe „Fach“, „Disziplin“, „Interdisziplinarität“, „Multidisziplinarität“ und „Transdisziplinarität“ siehe den Aufsatz *Interdisziplinarität oder Transdisziplinarität?* in Mittelstraß (1998), S. 29 - 48. Am Entstehen dieser Begriffe in den 70er Jahren hatte ERICH JANTSCH einen nicht unerheblichen Anteil, vgl. Jantsch (1972).

[53] Einordnung der Volkswirtschaftslehre in das System der Wissenschaften, nach Heinz Bontrup, *Volkswirtschaftslehre*, Oldenbourg München 1998, S. 2.

[54] Vgl. seinen Beitrag *Interdisziplinarität als List der Institution*, in: Jürgen Kocka [Hrsg.], *Interdisziplinarität*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1987, besonders S. 161, oder Peter Weingart, *Die Stunde der Wahrheit?*, Velbrück Weilerswist 2001, S. 103ff.

er selektieren, was er liest. Das bedeutet, primär wird man solche Publikationen zur Kenntnis nehmen, von denen man annehmen kann, dass sie die eigenen Arbeiten unmittelbar tangieren. In der Folge davon segregiert der Kommunikationsprozess.

Der von BRUNO LATOUR und STEVE WOOLGAR[55] ins Spiel gebrachte *Credibility Cycle* liefert ergänzende Argumente: Wissenschaft ist eine hochkompetitive Veranstaltung. Publikationen werden von Fachkollegen – d. h. Wissenschaftlern, die ein ähnliches Arbeitsgebiet haben und mit denen man in kommunikativen Austausch steht – nicht nur gelesen, sondern auch beurteilt. Dem Autor wird je nach Qualitätsurteil, das von der Adäquatheit, Eleganz und Relevanz des Beitrags abhängt, Glaubwürdigkeit und Reputation zuteil. Das unter den Fachkollegen erworbene Ansehen kann wiederum in neue Forschungsmöglichkeiten investiert werden: Karrierechancen und die Zuteilung materieller Ressourcen werden wesentlich durch die eigene Reputation bestimmt. Je besser die Ressourcenausstattung, desto besser die Chancen auf hochwertige Publikationen. Je höher die Glaubwürdigkeit eines Autors, desto sichtbarer seine Publikationen. Der *Credibility Cycle* führt also unweigerlich zum Matthäus-Effekt: Wer hat, dem wird gegeben werden![56] Folglich ist jeder, der eine akademische Karriere anstrebt, gut beraten, sich ein überschaubares Gebiet herauszusuchen und dort zu versuchen, als Bester anerkannt zu werden. In ökonomischer Sprechweise ausgedrückt: Das Belohnungssystem der Wissenschaft führt automatisch zur Marktsegregation.

Darüber hinaus haben große Naturforscher beobachtet, dass die innere Natur der bearbeiteten Probleme eine zunehmende Arbeitsteilung und Spezialisierung erzwingt.[57] Es ist eine tautologische Einsicht, dass von der Wissenschaft zunächst einfache Probleme gelöst werden. Ist ein Problem zufriedenstellend behandelt, schließen sich im Regelfall mehrere neue Fragen an. Es ist aber ein empirisches Faktum, dass diese neuen Fragen meist aufwendiger zu bearbeiten sind. Die verbleibenden Probleme sind nur durch Arbeitsteilung noch zu bewältigen. Die aktiven Forscher müssen sich folglich auf esoterische Spezialfragen beschränken, um überhaupt noch etwas herauszufinden. Da Zweitentdeckungen nichts gelten, muss die Analysetiefe vergrößert werden.

Die Bearbeitung von Spezialfragen setzt aber eine Kenntnis der alten Fragen und Ergebnisse zumindest in groben Zügen voraus. Man muss erst einmal auf die Schultern von Giganten klettern, bevor man überhaupt selber forschen kann. Das bedeutet, der forschende Nachwuchs muss immer länger trainiert werden, bis er zur Forschungsfront stößt. Um in sinnvoller Zeit die Manpower an die Forschungsfront führen zu können, muss man sich in der Lehre beschränken. Das Zusammenspiel von Lehre und Forschung führt dazu, dass innerhalb einer Disziplin immer tiefer gegraben wird, d. h. die Ausdifferenzierung in Fächer und Subfächer voranschreitet. Durch Grenzverschiebung lassen sich eventuell neue, einfache Probleme entdecken, aber auch hier gilt: Es gibt nur begrenzt viele einfache Probleme. Erfolgreiches Problemlösen ist nur durch fortgesetzte Spezialisierung möglich.

[55] Vgl. das Kapitel „Cycles of Credit“, insbesondere S. 201, bei Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life*, Sage London 1979.

[56] Den Ausdruck „Matthäus-Effekt“ hat ROBERT K. MERTON in die wissenschaftssoziologische Debatte eingeführt, wo er mittlerweile weite Verwendung gefunden hat.

[57] So heißt es etwa bei MAX PLANCK: „Freilich wird mit jedem Fortschritt auch die Schwierigkeit der Aufgabe immer größer, die Anforderungen und Leistungen des Forschens immer stärker, und es stellt sich immer dringender die Notwendigkeit einer zweckmäßigen Arbeitsteilung ein.“ (Max Planck, *Vorträge und Erinnerungen*, Hirzel Stuttgart 1949, S. 376)

2.6 Juristischer Rahmen

Kunst und Wissenschaft, Forschung und Lehre sind frei.
Grundgesetz, Art. 5 Abs. 3

Die grundgesetzliche Garantie der Freiheit von Forschung und Lehre bedeutet jedoch nicht, dass die Wissenschaft ein rechtsfreier Raum wäre.[58] Viel mehr ist es so, dass eine Reihe von Gesetzen dem Wissenschaftssystem einen juristischen Rahmen setzen. Beispielsweise unterliegen die Hochschulen dem *Hochschulrahmengesetz* des Bundes, das durch die *Landeshochschulgesetze* spezifiziert wird, die von den einzelnen Bundesländern aufgrund ihrer Kultushoheit erlassen wurden.

Vor dem Hintergrund der doppelten Zielorientierung der Wissenschaft, die im Abschnitt 2.3 erläutert wurde, wirft die Interpretation der verfassungsmäßig garantierten Freiheit von Forschung und Lehre etliche grundsätzliche Probleme auf. Zur Diskussion soll auf die vier Ebenen des Input-Output–Modells zurückgegriffen werden: Materielle Ressourcen – Input – Durchführung – Output.
Wissenschaft ist ohne *materielle Ressourcen* unmöglich. Folgt daher aus der grundgesetzlichen Garantie der Wissenschaftsfreiheit eine Pflicht für den Staat, die Wissenschaft durch Bereitstellung von personellen, finanziellen und organisatorischen Mitteln zu unterstützen und zu fördern? Hat der einzelne Wissenschaftler ein Teilhaberecht am Wissenschaftsbetrieb, z. B. in Form einer gesicherten Mindestausstattung?
Als wesentlicher *Input* von Forschung sind die verfolgten Fragen anzusehen. Eine strikte Interpretation von Art. 5 Abs. 3 GG würde bedeuten, dass jegliche wissenschaftsexterne Einflussnahme auf die verfolgten Forschungsfragen zu unterbleiben habe. De facto nehmen aber Staat und Wirtschaft über die selektive Finanzierung von Forschungsvorhaben Einfluss auf die Wahl von Forschungsfragen. Bis zu welchem Umfang und in welcher Art sind solche Einflussnahmen als zulässig zu betrachten?
In Bezug auf die *Durchführung* von Wissenschaft und Forschung besteht Konsens darüber, dass die Gestaltung von Forschung und Lehre weitestgehend der akademischen Selbstverwaltung überlassen werden sollte. Insbesondere die Festlegung von Lehrinhalten und die Verleihung von akademischen Graden ist ein exklusives Monopol der Hochschulen.[59] Bei der Durchführung von Forschungsvorhaben findet die Forschungsfreiheit lediglich dort ihre Grenze, wo Rechtsgüter anderer Grundrechtsträger beeinträchtigt würden. Können und sollen Tierversuche, Genmanipulationen und Experimente am Menschen verboten werden?
Hinsichtlich des *Outputs* ist unbestritten, dass allein die wissenschaftliche Gemeinschaft und nicht die Rechtsprechung darüber zu entscheiden hat, was als wahr oder falsch gilt und welche Methoden welchen Problemen angemessen sind. Doch der Einsatz von Wissen und Manpower ausserhalb der Wissenschaft wirft Probleme auf, die auf die Wissenschaft rückwirken können: Wie stark muss die akademische Lehre auf die Erfordernisse außerakademischer Karrieren Rücksicht nehmen, wenn 90% aller Absolventen die Wissenschaft

[58] Die Komplexität des Wissenschaftsrechts wird eindrucksvoll bestätigt durch das zweibändige Werk von Christian Fläming, Volker Grellert, Otto Kimminich, Ernst-Joachim Meusel, Hans Heinrich Rupp, Dieter Scheven, Hermann Josef Schuster und Friedrich Graf Stenbock-Fermor [Hrsg.], *Handbuch des Wissenschaftsrechts*, Springer Berlin 1981.

[59] Gleichwohl wird dieses Zugeständnis durch die Praxis staatlicher Examina ausgehöhlt, die z. B. in Jura, Medizin und Lehramtsfächern als Eintrittsvoraussetzungen für (Beamten-) Laufbahnen fungieren.

verlassen? Wie soll angesichts schädlicher Nebenfolgen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts darüber entschieden werden, welches Wissen wo verwendet werden darf? Ist es sinnvoll und möglich, aufgrund denkbarer Risiken auf bestimmte Forschungen von vornherein zu verzichten?[60]

2.7 Dynamik

Wissenschaft und Technik sind nichts Statisches, sondern sehr dynamisch. Die bisherigen Modellüberlegungen haben die Zeitkomponente aber weitgehend ausgeblendet. Dies soll nun nachgeholt werden. Für das im Kapitel 5 behandelte Problem der Forschungssteuerung ist die Frage von Belang, wie sich die Zielorientierung von Fächern und Disziplinen im Quadrantenmodell mit der Zeit ändert. Gibt es hier einen typischen Lebenszyklus – sind Forschungsgebiete etwa zunächst auf Verständnis und dann auf Anwendung hin orientiert? Gibt es bei der Technikgenese einen analogen Lebenszyklus? Welche Auswirkungen haben Änderungen im Ressourcenstrom auf die Binnenstruktur der Wissenschaft?

2.7.1 Lebenszyklus von Fächern

THOMAS S. KUHN hat die Entwicklung von Forschungsfeldern in einem allgemeinen Phasenmodell beschrieben.[61] In der ersten, der so genannten *vorparadigmatischen Phase*, gibt es mehrere Denkschulen nebeneinander, die oft in erbittertem Streit über die Grundlagen ihres Wissenschaftsgebiets liegen.
Sortiert man historische Beispiele in das zuvor entwickelte Quadrantenmodell der Zielorientierungen ein, so findet man eine typische Spaltung in einerseits stark empirisch-induktiv und andererseits stark theoretisch-deduktiv arbeitende Schulen. Ein illustratives Beispiel sind die Methodenstreits der Sozialwissenschaftler, bei denen die Empiriker, die mit quantitativen Analysen und Befragungen der sozialen Wirklichkeit habhaft werden wollen, den eher philosophisch arbeitenden Theoretikern vorwerfen, ihren Luftschlössern fehle die Faktenbasis; die Theoretiker kontern dann regelmäßig mit dem Einwand, die Empiriker verkennen mangels theoretischen Überbaus die Natur des untersuchten Gegenstands.[62] Die verschiedenen Ansätze innerhalb einer Disziplin zeichnen sich also durch stark einseitige Orientierung aus; sie sind also in den äußersten Ecken von Bohrs bzw. Linnés Quadrant zu verorten.

[60] Diese auf die Verantwortung des Wissenschaftlers für die Verwendung seiner Resultate abzielende Frage wird spätestens seit der Entwicklung der Atombombe heiss diskutiert. DÜRRENMATTS *Physiker* sind ein literarisches Meisterstück zu dieser Frage; jüngst haben die Warnungen BILL JOYS vor den Gefahren der Nanotechnologie die Debatte neu entfacht.

[61] Thomas S. Kuhn, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1976 (Original: *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press 1962).

[62] Die Sozialwissenschaften wurden in mehreren Wellen von heftigen Methodenstreits erfasst. Unter anderem ging es bei diesen Auseinandersetzungen um die Frage, ob es sinnvoll ist, in den Sozialwissenschaften nach mathematisch formulierbaren Kausalgesetzen zu suchen – sind die Sozialwissenschaften Gesetzes- oder Geschichtswissenschaften? Vgl. hierzu Harald Hohmann, *Gesetz und Wirklichkeit in den Sozialwissenschaften*, Dissertation Universität Tübingen 1989. Die Auseinandersetzungen des 19. Jahrhunderts zwischen der wirtschaftshistorischen Schule GUSTAV SCHMOLLERS und ihren theoretisch arbeitenden Gegnern wurden analysiert von Volker Kruse, *Analysen zur deutschen historischen Soziologie*, Lit-Verlag Münster 1998, S. 12ff. Das bekannteste Zeugnis des 1961 zwischen THEODOR W. ADORNO und KARL R. POPPER ausgebrochenen Positivismusstreits ist Th. W. Adorno, R. Dahrendorf, H. Pilot, H. Albert, J. Habermas und K. R. Popper, *Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie*, Luchterhand Neuwied 1969.

Die vorparadigmatische Phase erbringt meist wenig Resultate, sowohl im Hinblick auf den Wissensfortschritt als auch auf den Nutzwert der Ergebnisse. Daher besteht meist eine unabhängige (technische) Praxis, die kaum Rekurs auf wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden nimmt. Beispielsweise war die Pflanzenzucht bis vor wenigen Jahrzehnten weitgehend losgelöst vom empirschen Zweig der Biologie, den Beschreibungs- und Klassifizierungsbemühungen der Botanik, und ihrem theoretischen Zweig, der Spekulation über die Herkunft der Arten. Erst mit dem Aufdecken der molekularbiologischen Grundlagen von Vererbung und Artenbildung rücken diese verschiedenen Zweige nun zusammen. Wahrheit und Machbarkeit verschmelzen.

Angesichts dieser hier nur exemplarisch belegten Befunde erscheint die Vermutung plausibel, dass neue Fächer entweder aus spekulativer Neigung, praktischem Interesse oder explorativer Neugier entstehen. Innerhalb eines Sachgebiets gibt es zwischen diesen verschiedenen Zugangsweisen anfangs nur wenig Verbindendes. Sie sind daher im Quadrantenmodell in den äußersten Ecken von Bohrs, Edisons bzw. Linnés Quadrant zu verorten.

Nach Kuhns Verständnis haben die meisten Naturwissenschaften die vorparadigmatische Phase bereits in vergangenen Jahrhunderten verlassen, während die meisten Sozialwissenschaften dieses Schritt noch nicht vollzogen hätten. Kuhn hat am historischen Fallbeispiel der Physik gezeigt, dass sich innerhalb einer Wissenschaftlergemeinde früher oder später allgemein akzeptierte Überzeugungen herausbilden können, die den weiteren Gang der Forschung anzuleiten vermögen und den unfruchtbaren Streit der Anfangszeit beenden. Solche *Paradigmen* geben an, was lohnenswerte Untersuchungsprobleme sind und auf welche Weise man sie prototypisch lösen kann.

Nun könnte man einwenden, dass auch innerhalb jeder einzelnen Schule der vorparadigmatischen Phase solche gemeinsamen Grundüberzeugungen bestünden. Während sich diese am besten durch Ludwik Flecks *Denkstile* beschreiben lassen, scheint das Besondere am Erwerben eines Kuhnschen Paradigmas zu sein, dass es dabei zu einer engen Kopplung zwischen theoretischen und empirischen Ansätzen kommt. Dabei nehmen die bislang getrennten Forschungsansätze gegenseitig Wissenselemente und Fragestellungen auf: Empirische Forschung enthält in der Durchführung mehr Vortheorien und umgekehrt basieren Theorien auf immer mehr empirischem Material.

Im Quadrantenmodell kann das Erwerben eines Paradigmas so abgebildet werden, dass sich die zunächst isoliert und weit außen befindlichen Ansätze aufeinander zubewegen und in der Mitte, wo die vier Quadranten aneinander stoßen, ein enges Kommunikationsnetz bilden (siehe Abbildung 2.3). Dabei kommt es zu einem deutlichen Wissensfortschritt. Wenn die untersuchten Modellsysteme realen Objekten nahe kommen, kann mit dem Erwerb des Paradigmas auch ein Forschungsschwerpunkt in Pasteurs Quadrant entstehen.

Nach dem Erwerb eines Paradigmas bewegen sich die experimentell-empirisch, spekulativ-theoretisch und praktisch-technisch orientierten Forschungslinien eines Sachgebiets wieder stärker auseinander und verfolgen ihre je eigenen Fragestellungen. Trotzdem bleibt eine Kopplung bestehen, weil Experimente jetzt auf theoretischen Annahmen beruhen und Ergebnisse anwendungsorientierter Forschung jederzeit Auswirkungen auf Theorien haben können usw. Im Quadrantenmodell kann nachparadigmatische Forschung also in allen vier Quadranten angesiedelt sein, allerdings liegt sie näher am Schnittpunkt der vier Quadranten als in der vorparadigmatischen Phase, weil extrem einseitige Zielorientierun-

gen zumindest hinsichtlich der Durchführung nicht mehr möglich sind. Überraschende Forschungsergebnisse werden seltener, das benutzte Strukturwissen bewährt sich.

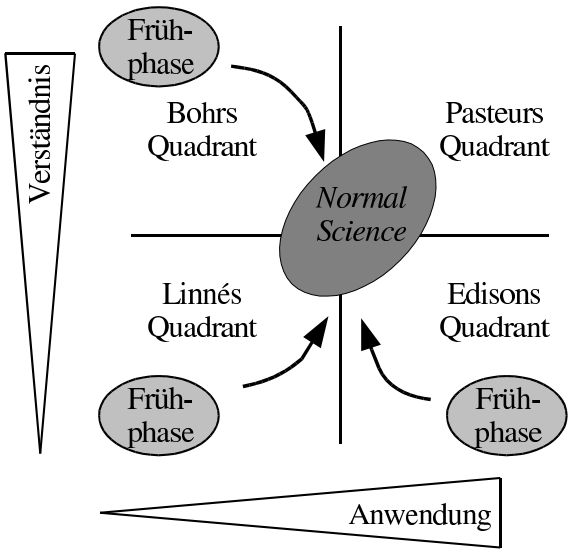

Abb. 2.3: Lebenszyklus von Fächern

KUHN beschreibt die Phase nach dem Erwerb eines Paradigmas als *Normal Science*. Das Paradigma wirkt nun wie ein Versprechen, beim Rätsellösen erfolgreich zu sein, wenn man nur die etablierten Methoden auf anerkannten Problemfeldern anwendet. Für den einzelnen Forscher ist es dann rational, alles andere auszublenden. Auftretende Anomalien werden unterdrückt in der Hoffnung, irgend jemand werde später schon eine Lösung dafür finden. Im Unterschied zur vorparadigmatischen Phase wird es jetzt möglich, mit kleinen Beiträgen zum Wissensfortschritt beizutragen, ohne jedesmal das ganze Wissensgebäude neu aufführen zu müssen. Zeitschriftenartikel verdrängen daher die Monographie als bevorzugte Publikationsform.

Der Wissenszuwachs in Bohrs, Pasteurs und Linnés Quadrant verlangsamt sich mit der Zeit jedoch, die neuen Fakten und Erklärungen sind nicht mehr so fundamental, sie finden immer seltener ihren Weg in Lehrbücher. Für den gleichen Wissenszuwachs muss ein immer größerer Aufwand getrieben werden, die Spezialiserung durch Arbeitsteilung nimmt zu. Die Degeneration kann dazu führen, dass dem Feld die attraktiven Fragestellungen ausgehen und der talentierte Nachwuchs das Feld meidet. Das Forschungsgebiet schrumpft oder verlagert sich in Edisons Quadrant, wenn sich die Methoden und Ergebnisse als nützlich für die Praxis erweisen. Diesen Weg haben beispielsweise weite Teile der Mechanik und der Optik genommen. GERNOT BÖHME, WOLFGANG VAN DEN DAELE und WOLFGANG KROHN haben 1973 die These aufgestellt, dass in dieser Phase eines Wissenschaftsgebiets seine weitere Entwicklung durch die Eigendynamik unterbestimmt sei und eine Steuerung der Forschung auf die Bearbeitung wissenschaftsexterner Fragestellungen möglich sei. Diese so genannte Finalisierungsthese hat in den 70er Jahren viel Wirbel und politischen Widerstand erzeugt; heute wird ihr Kern de facto von vielen geteilt.[63]

Statt am eigenen Erfolg zu ersticken, kann ein etabliertes Paradigma aber auch in eine Krise geraten. Häufen sich die empirischen Anomalien, die sich mit dem herrschenden

[63]Vgl. die Originalarbeiten von Gernot Böhme, Wolfgang van den Daele und Wolfgang Krohn, *Alternativen in der Wissenschaft*, Zeitschrift für Soziologie **1** (1972), S. 302-316, und *Die Finalisierung der Wissenschaft*, Zeitschrift für Soziologie **2** (1973), S. 128-144. Im Kontext der Finalisierungsthese stehen auch die späteren Arbeiten der deutschen Wissenschaftsforscher aus den 70er Jahren, z. B. Günther Küppers, Peter Lundgreen und Peter Weingart, *Umweltforschung – die gesteuerte Wissenschaft? Eine empirische Studie zum Verhältnis von Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftspolitik*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1978 oder Wolfgang van den Daele, Wolfgang Krohn und Peter Weingart [Hrsg.], *Geplante Forschung. Vergleichende Studien über den Einfluß politischer Programme auf die Wissenschaftsentwicklung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1979. Eine Kritik der Finalisierungsthese geben Gerald Eberlein und Norbert Dietrich, *Die Finalisierung der Wissenschaft. Analyse und Kritik einer forschungspolitischen Theorie*, Alber Freiburg 1983.

Erklärungsmuster nicht vereinbaren lassen, dann können neue theoretische Spekulationen ins Kraut schießen. Außerdem rücken empirische Befunde, die bisher außerhalb des Betrachtungshorizonts gelegen haben, plötzlich ins Blickfeld. Das bisher wohlgeordnete Gefüge löst sich auf, alles sicher Geglaubte muss noch einmal geprüft werden. Im Quadrantenmodell bedeutet dies, dass ein ehemals eng umgrenztes, in der Mitte gelegenes Gebiet sich zu den Grenzen von Bohrs und Linnés Quadrant hin ausdehnt.
KUHN spricht von *paranormalen Phasen*. Hier gibt es eine stark eigenerregte Forschungsdynamik: Neue Fragestellungen ergeben sich aus Inkonsistenzen zwischen Theorie und Beobachtung; die Versuche, diese Inkonsistenzen zu beseitigen, generieren neue Theorien; die empirische Prüfung dieser Theorien deckt ihrerseits Inkonsistenzen auf und führt zu neuen Problemstellungen usw. Meistens endet eine paranormale Phase mit der Ablösung des alten durch ein neues Paradigma in einer *wissenschaftlichen Revolution*. Viel diskutierte Beispiele hierfür sind die Ablösung der Newtonschen Gravitationstheorie durch Einsteins Relativitätstheorie und der Übergang von der Klassischen Mechanik zur Quantenmechanik. Kennzeichnend ist, dass die Begriffe des neuen Paradigmas inkommensurabel mit denen des alten Paradigmas sind. Die alten Vorstellungen werden jedoch nur selten völlig aufgegeben, oft wird einfach nur ihr Verwendungsbereich eingeschränkt. Im Quadrantenmodell heißt dies, dass sich ein oder mehrere neue Cluster in der Nähe des Schnittpunkts der Quadranten formen.

Zusammengefasst ergibt sich also: Der Abstand von der Mitte im Quadrantenmodell ist ein Maß für die Neuheit eines Forschungsgebiets. Je weiter draußen ein Forschungsprojekt anzusiedeln ist, desto unbestimmter ist sein Ausgang. Der Lebenszyklus von Forschungsgebieten führt aber unweigerlich von Randbezirken zur Mitte, die als Attraktor wirkt. Disziplinen, die ein Paradigma erworben haben, sind in der Nähe des Schnittpunkts der vier Quadranten zu finden.

2.7.2 Technikgenese

Die Kritik am linearen Modell der Technikgenese hatte zu einem eigenen Modell Anlass gegeben, das Wissenschafts- und Technologiesystem analytisch trennt und die Aktivitäten der technischen Entwicklung in vier Quadranten aufspaltet.[64] Nun stellt sich jedoch die Frage, wie die verschiedenen Aktivitäten der Technikgenese im Zeitablauf aufeinander folgen. Die Dynamik des Innovationsprozesses, der neben der eigentlichen Technikgenese auch noch die zugehörigen Forschungs- und Marktaktivitäten umfasst, ist seit längerem Gegenstand der wirtschaftswissenschaftlichen Innovationsforschung.[65] Einige der dort erzielten Einsichten, z. B. bezüglich der Bedeutung des *Technology Push* und des *Demand Pull* für das Innovationsgeschehen, sollen im Folgenden in Bezug zur hier entwickelten Modellvorstellung gesetzt werden.

[64] Vgl. den Abschnitt 2.3.2.

[65] Einblicke in die Ergebnisse der wirtschaftswissenschaftlichen Innovationsforschung geben J. Schmookler, *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press Cambridge/Mass. 1966, R. Nelson und G. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press Cambridge/Mass. 1982 und G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg und L. Soete [Hrsg.], *Technical Change and Economic Theory*, Pinter London 1988. Resultate der soziologischen Technikgeneseforschung findet man in M. Dierkes [Hrsg.], *Technikgenese*, edition sigma Berlin 1997. Eine kurze Zusammenfassung gibt der Beitrag von Katharina Wetzel-Vandai, *Technologiebedarf der Zukunft – Innovationsforschung und Innovationspolitik im Wandel*, in: Gert Kaiser, Katharina Wetzel-Vandai und Arne Claussen [Hrsg.], *Technologiebedarf im 21. Jahrhundert*, Campus Frankfurt/Main 1999.

Klassifiziert man Entwicklungsprojekte nach ihrem (maximalen) Output, so scheint die Dynamik einer erfolgreichen Technikgenese im Wesentlichen einer linearen Sequenz zu folgen:

1. Zunächst wird ein Bedarf erkannt (Kennedys Quadrant),
2. dann wird ein Entwurf gemacht, wie ein entsprechendes Artefakt aussehen könnte (da Vincis Quadrant),
3. anschließend wird ein Prototyp gebaut (Zuses Quadrant)
4. und letzten Endes tauglich für den breiten Einsatz gemacht (Fords Quadrant).

Als Henry Ford Fließbänder in der Automobilproduktion einführte (eine klassische Innovation), sind natürlich zuvor Konstruktionszeichnungen und Prototypen hergestellt worden. Es wurden alle vier Quadranten sukzessive durchlaufen. Aber nicht jedes Vorhaben führt bis zu einer Innovation. Leonardo da Vinci hat als dezidierter Visionär seine Entwürfe von Flugzeugen und Hubschraubern aus dem Wunsch abgeleitet, sich wie ein Vogel in die Luft erheben zu können. Aber bis zum Bau funktionsfähiger Prototypen ist er nicht gekommen, bezüglich des Outputs ist er über die ersten beiden Quadranten nicht hinausgekommen.

Betrachtet man dagegen die durchgeführten Tätigkeiten genauer, so stellt man fest, dass die vier Quadranten nicht rein sequentiell, sondern rekursiv durchlaufen werden. In jedem Entwicklungsschritt wird iterativ wieder auf vorangegangene Stufen zurückgegangen, nur der maximale Output verbessert sich von Stufe zu Stufe. In diesem Prozess werden oft viele Fragen aufgeworfen, die entweder aus dem vorhandenen Schatz an Know-how und öffentlich zugänglichem, explizit gemachten wissenschaftlichen Wissen beantwortet werden können, oder die neue Fragen für die Forschung in Edisons oder Pasteurs Quadrant generieren.

Klassifiziert man dagegen nach dem Input, so bekommt man etwas ganz anderes in den Blick: Zum einen gibt es Beispiele für Technikentwicklungen, die von einer deutlich artikulierten (Markt-)Nachfrage angetrieben wurden. Für dieses Phänomen hat sich der Begriff *Demand Pull* eingebürgert. Typischerweise findet man *Demand Pull* bei graduellen Verbesserungen von bereits eingeführten Technologien, wenn aufgrund von Kundenwünschen (kleinere) Innovationen zeitnah und mit geringem Risiko realisiert werden. In der soziologischen Technikforschung wird darüber hinaus diskutiert, ob die Entwicklung auch grundlegender neuer Technologien in eine gesellschaftlich gewünschte Richtung gelenkt werden kann, wenn frühzeitig ein entsprechender Bedarf artikuliert wird, auch ohne dass eine unmittelbare Marktnachfrage vorhanden ist. Dieses so genannte *Social Shaping of Technology* ist vor allem im Kontext der Nachhaltigkeitsdebatte zu sehen, die von der Einsicht geprägt ist, dass es völlig anderer technischer Lösungen bedarf, um mit Nachhaltigkeitszielen in Einklang zu kommen.
Zum zweiten gibt es Entwicklungsvorhaben, die wesentlich von technischen Durchbrüchen angetrieben werden. Hier spricht man von *Technology Push*. Derartiges findet man vor allem dann, wenn eine neue Schlüsseltechnologie zur Verfügung steht, die vielfältige neue technische Handlungsmöglichkeiten eröffnet. Schlüsseltechnologien ermöglichen nicht nur

neue Produkte *(Produktinnovationen)*, sondern oft auch neue Herstellungsweisen *(Prozessinnovationen)*. Jüngstes Beispiel ist das Internet, das beruhend auf einigen wenigen Basistechnologien[66] vielfältige neue Anwendungen erlaubt (Online-Banking, E-Commerce, E-Learning, Chatrooms, E-Mail, Intranet, Portale, Suchmaschinen, Wissensmanagementsysteme etc.). Wirklich fundamentale technische Durchbrüche sind eher selten; möglicherweise sind sie die Ursache der langwelligen Kondratieff-Zyklen in der Wirtschaftsentwicklung.
Zum dritten kann die technische Entwicklung von neuen wissenschaftlichen Entdeckungen getrieben werden. Als spektakuläres Beispiel mag die Entdeckung der Hochtemperatursupraleitung dienen, die unmittelbar zu Anstrengungen geführt hat, verlustfrei arbeitende Stromleiter aus solchen Materialien zu entwickeln. Hier könnte man in Analogie zu den vorgenannten Fällen von *Science Push* sprechen. Nüchtern betrachtet sind Entdeckungen der Grundlagenforschung nur sehr selten Treiber der Technikgenese, aber wenn sie es sind, dann haben sie meist fundamentalen Charakter und werden in der öffentlichen Wahrnehmung sehr prominent. Der Weg von einer wissenschaftlichen Erkenntnis zu einer erfolgreichen Innovation ist jedoch sehr lang.

Der im linearen Modell als Standardfall unterstellte Weg von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung zur technischen Innovation ist also eher selten. Trotzdem hat die Wissenschaft große Bedeutung für die Technikgenese: Ein wachsender Teil der technischen Manpower hat zuvor eine akademische Ausbildung erfahren und bringt so wissenschaftliche Erkenntnisse auf vielfältige Weise in den Entwurfsprozess neuer Artefakte ein – und sei es nur im negativen Sinn, dass man bestimmte Dinge gar nicht erst ausprobiert, weil man weiß, dass es nicht funktionieren kann. Außerdem werden neue Fragen, die bei der Technikentwicklung entstehen, von Forschungen in Edisons oder Pasteurs Quadrant beantwortet.
Oft vergessen wird auch die Tatsache, dass experimentelle Forschung selbst ein Teil der technischen Praxis ist. In Forschungslabors wird nicht nur Wissen produziert, sondern es werden auch Geräte geplant und gebaut sowie neue Materialien produziert. Diese Apparate und Materialien werden von Wissenschaftlern bzw. deren Technikern zwar mit dem Ziel geschaffen, mit ihnen neue Experimente auszuführen und so neue Erkenntisse zu erzielen, aber nicht selten lassen sich die Apparate bzw. Materialien und die zu ihrer Herstellung benötigten Verfahren auch für andere Zwecke verwenden.[67]

Analog zu wissenschaftlichen Paradigmen scheint es auch technologische Paradigmen zu geben, die den Gang der Technikentwicklung beeinflussen.[68] Sie werden durch Normung und Standardisierung sogar zu einem großen Teil explizit gemacht. Im Quadrantenmodell lassen sich die Paradigmen als Attraktor um den Schnittpunkt der Quadranten darstellen, der eine enge Verbindung zwischen Bedarfsanalyse, Entwurf, Invention und Innovation herstellt: Wenn man in Reaktion auf einen bekannten Bedarf beim Entwurf anerkannten

[66] Computer, Glasfaserleiter und Datenprotokolle formen das Internet. Darauf abgestimmte Computersprachen (z. B. mit *Hyperlinks* arbeitende *Markup-Languages* wie HTML) und Hilfsprogramme (z. B. Browser) erlauben nun die Realisierung vielfältigster Online-Anwendungen.

[67] Es ist bestimmt kein Zufall, dass etliche Pionierunternehmen der Feinmechanik und der Feinoptik von Universitätsmechanikern und Forschungslaboranten gegründet wurden und in Universitätsstädten ihren Sitz haben.

[68] Zu diesem Thema vgl. Giovanni Dosi, *Technological Paradigms and Technological Trajectories*, Research Policy **11** (1982), S. 147 - 162.

Konstruktionswegen folgt, dann ist deren Machbarkeit und Marktgängigkeit garantiert. Bahnbrechende Innovationen erreicht man auf solchen etablierten Wegen jedoch nicht. Die Evolutionsökonomik *(Evolutionary Economics)* unterscheidet daher zwischen *graduellen* Innovationen innerhalb eines technologischen Paradigmas und *radikalen* Innovationen, die mit der Schaffung eines neuen Paradigmas einhergehen.

An die eigentliche Entwicklung eines neuen Technologietyps schließt sich dessen Diffusion an, die einige Zeit beansprucht, da nicht alle als Anwender in Frage kommenden Personen, Unternehmen etc. die Neuerung zur selben Zeit übernehmen.[69] *Innovatoren* sind diejenigen, die einen neuen Technologietyp als erste einsetzen – oft deshalb, weil sie ihn selbst erfunden haben. Zu dieser Gruppe gehören auch experimentell arbeitende Forscher, die neue Instrumente und Materialien für ihre wissenschaftlichen Zwecke ersinnen. Innovatoren gelten als besonders risikofreudig. Die *frühen Übernehmer (Early Adopters)* sind dann die ersten, die eine Innovation übernehmen und breit in eine soziale Gruppe hineintragen. Während die Innovatoren aufgrund ihres Pionierverhaltens meist eine soziale Außenseiterrolle einnehmen, haben frühe Übernehmer oft die Rolle von Meinungsführern inne. Sie zeichnen sich durch ein hohes Maß an Kreativität, Mobilität und Informiertheit aus. An ihrem Verhalten orientiert sich dann die *frühe Mehrheit (Early Majority)*, die aus den Erfahrungen der Vorgänger lernt und nach einfach handhabbaren Techniken verlangt. Erst wenn die Neuerung bereits in der Mehrheit einer sozialen Gruppe verbreitet ist, dann ist auch die Gruppe der *späten Mehrheit (Late Majority)* zur Übernahme bereit. Voraussetzung ist meist, dass die Gruppe einem zunehmenden sozialen Kaufdruck spürt und die Innovation für vereinbar mit ihren Normvorstellungen hält. Die *Nachzügler (Laggards)* sind die letzten, die eine Innovation übernehmen – zu einem Zeitpunkt, zu dem andere die betreffende Innovation schon gar nicht mehr als neu ansehen. Charakteristisch für diese Gruppe sind ihre ausschließliche Orientierung an der Vergangenheit und ihre isolierte soziale Stellung.

Stellt man die Ausbreitung einer Neuerung im Zeitverlauf dar, so erhält man typischerweise eine ungefähr S-förmige Diffusionskurve (siehe Abbildung 2.4). Im Regelfall ist es dabei jedoch so, dass ein neuer Technologietyp sich nicht in der Form ausbreitet, in der er ursprünglich erfunden wurde. Die verschiedenen Adoptergruppen stellen spezifische Ansprüche, die zu Abwandlungen Anlass geben, die vom *Demand Pull* angetrieben werden. So sind Innovatoren und frühe Übernehmer durchaus bereit, imperfekte und aufwendig zu implementierende Technik zu akzeptieren, während für die frühe und die späte Mehrheit gilt, dass die Neuerung verträglich mit den bestehenden Handlungsmustern sein und einen hohen komparativen Vorteil versprechen muss.

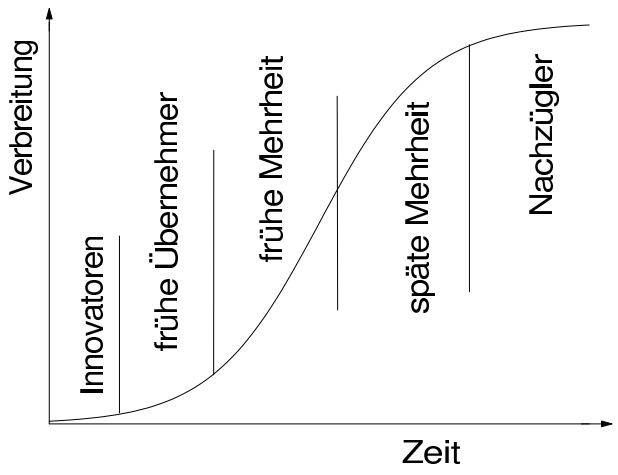

Abb. 2.4: Diffusion einer Innovation im Zeitverlauf

[69] Grundlegende Vorstellungen zum Diffusionsverlauf wurden entwickelt von E. M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, Free Press New York London 1962. Eine neuere deutsche Abhandlung ist Hans Pechtl, *Innovatoren und Imitatoren im Adoptionsprozeß von technischen Neuerungen*, Dissertation Universität Passau 1991.

2.7.3 Wachstumsdynamik

Der im Abschnitt 2.1.5 gegebene historische Rückblick lässt bereits erahnen, welch unglaublicher Wachstumsdynamik die Wissenschaftsentwicklung bisher unterlag. Sowohl die Ressourcen als auch der Output sind über die Jahrhunderte massiv gewachsen. Mit dem Zuwachs an wissenschaftlichem Personal und Publikationen ging die Binnendifferenzierung in Fächer und Disziplinen einher, die in Abschnitt 2.5 beschrieben wurde.
Spätestens der Bericht *Die Grenzen des Wachstums* des Club of Rome[70] hat jedoch die allgemeine Einsicht ins öffentliche Bewusstsein zurückgebracht, dass nichts ewig wachsen kann. Gibt es also auch Grenzen des Wachstums der Wissenschaft? Im nächsten Kapitel soll daher die Dynamik des Wissenschaftswachstums und deren Effekte näher untersucht werden, um zu verstehen, in welcher Situation wir uns heute befinden und welche Schlüsse daraus für die zukünftige Wissenschafts- und Forschungspolitik zu ziehen sind.

[70] Denis L. Meadows, Donella H. Meadows und Jorgen Randers, *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*, DVA Stuttgart 1972 (Original: *Limits to Growth*, Universe Books New York 1972).

Kapitel 3

Heutige Situation

Der Physiker und Wissenschaftshistoriker DEREK J. DE SOLLA PRICE hat in den 60er Jahren das Wachstum der Naturwissenschaften untersucht. In seinem viel beachteten 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 ca. 15 Jahre betragen. Das würde bedeuten, binnen 300 Jahren wäre die Naturwissenschaft um einen Faktor $2^{20} \approx 1$ 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, wäre einfach absurd. PRICE sagte deshalb voraus, das Wissenschaftswachstum werde sich sehr bald verlangsamen und einer symmetrischen S-Kurve folgen.

Diese Vorhersage war Anlass für Studien, die abzusehende Konsequenzen des sich verlangsamenden Wissenschaftswachstums untersuchten.[2] Auch die wissenschaftspolitische Debatte hat die Analyse von PRICE aufgegriffen, insbesondere als in den 90er Jahren Ressourcenbeschränkungen für die Wissenschaft deutlich spürbar wurden.[3] Andererseits haben Kritiker der Untersuchung von PRICE stets bemängelt, dass sein Datenmaterial dünn und die Schlussfolgerungen gewagt seien.[4] Trotz der offenkundig hohen Bedeutung der von PRICE untersuchten Phänomene fehlten bisher aktuelle und umfassende Studien,

[1] Derek J. de Solla Price, *Little Science – Big Science*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1974 (Original: *Little Science – Big Science*, Columbia University Press New York 1963, erweitert erschienen als *Little Science – Big Science ... and beyond*, Columbia University Press New York 1986). Zitiert wird im Folgenden die deutsche Fassung von 1974.

[2] Hier ist vor allem zu nennen: Nicholas Rescher, *Wissenschaftlicher Fortschritt*, de Gruyter Berlin 1982 (Original: *Scientific Progress*, Basil Blackwell Oxford 1978). Zitiert wird im Folgenden die deutsche Ausgabe.

[3] In Deutschland hat u. a. der vormalige DFG- und nachmalige MPG-Präsident HUBERT MARKL mehrfach Bezug auf Price (1963) und Rescher (1978) genommen, z. B. in Markl (1993a) und Markl (1993b).

[4] Vergleiche hierzu Breithecker-Amend, *Big Science und das Ende des exponentiellen Wachstums. Zur Wissenschaftsforschung de Solla Price*, Lang Frankfurt/Main 1988.

die den Verlauf des Wissenschaftswachstums empirisch nachprüften. Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher eine Studie zum Wachstumsverlauf in Deutschland durchgeführt.[5]

Der folgende **Abschnitt 3.1** präsentiert Methodik und Resultate dieser Untersuchung zum Verlauf des deutschen Wissenschaftswachstums. Der **Abschnitt 3.2** stellt die von RESCHER und PRICE diskutierten Wachstumseffekte vor. Abschließend werden im **Abschnitt 3.3** die Konsequenzen analysiert, die das Erreichen der Grenzen des Wachstums mit sich bringt.

3.1 Wissenschaftswachstum

Nun liegt die Arbeit von PRICE mittlerweile 40 Jahre zurück. Das Abflachen des Wissenschaftswachstums, das er prophezeite, sollte sich empirisch nachweisen lassen, wenn seine Argumentation stichhaltig ist. Doch wie misst man die Größe der Wissenschaft über drei Jahrhunderte?
Bevor die These von PRICE im Abschnitt 3.1.3 anhand des deutschen Wissenschaftssystems auf ihren empirischen Gehalt geprüft wird, werden zunächst die von PRICE verwendeten und weitere denkbare Wachstumsindikatoren auf ihre Eignung geprüft (Abschnitt 3.1.1) sowie methodische Probleme der quantitativen Wissenschaftsforschung erörtert (Abschnitt 3.1.2).

3.1.1 Indikatoren

PRICE verwendet in seinen Untersuchungen verschiedene Indikatoren für die Größe der Wissenschaft, aus deren zeitlicher Entwicklung er die Wachstumsgesetze abliest. Die Indikatoren lassen sich in die drei Gruppen „Ressourcenmaße“, „Aktivitätsmaße“ und „Output-Maße“ einteilen. Ressourcenindikatoren messen den gesellschaftlichen Aufwand, den man mit

- Manpower,
- Geld und
- wissenschaftlichen Einrichtungen

für die Wissenschaft treibt. Aktivitätsindikatoren messen das Ausmaß bestimmter wissenschaftlicher Aktivitäten, z. B. Publikationen und Konferenzen. Die Output-Indikatoren versuchen, das Resultat von Forschung – den Wissensfortschritt – zu quantifizieren.[6]
Bei der Begründung des exponentiellen Wachstumsgesetzes stützt sich PRICE vor allem auf Publikationsdaten und die Zahl aktiver Wissenschaftler, während er die Sättigungshypothese vor allem wegen des von ihm erwarteten Mangels an personellen und finanziellen Ressourcen formuliert. Da PRICE die von ihm postulierten Grenzen des Wachstums

[5] Wesentliche Ergebnisse wurden bereits veröffentlicht als: *Wachstum der Wissenschaftsressourcen 1650 - 2000 in Deutschland*, Berichte zur Wissenschaftsgeschichte **25** (2002) Nr. 1, S. 1 - 23, und *Das Wachstum der Wissenschaft in Deutschland 1650 - 2000*, in: Heinrich Parthey und Günter Spur [Hrsg.], *Wissenschaft und Innovation. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001*, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin 2002.

[6] Man könnte als vierte Gruppe die „Prozess-Struktur-Indikatoren“ ergänzen, mit denen Strukturen wissenschaftlicher Kommunikationsprozesse z. B. durch Co-Zitations- oder Co-Wort-Analysen erhellt werden sollen. Diese Methoden haben einige Verbreitung gefunden, sollen uns aber hier bei den auf Input-Output-Beziehungen orientierten Betrachtungen nicht interessieren.

hauptsächlich auf eine Verknappung von Ressourcen zurückführt, beschränkt sich diese Arbeit auf Ressourcenindikatoren. Es geht also nicht darum, dass der Wissenschaft die Fragen ausgehen oder dass die kognitiven Fähigkeiten des Menschen nicht ausreichen, um die aufgeworfenen Probleme zu lösen.
Im Folgenden sollen die von PRICE verwendeten Ressourcenindikatoren vorgestellt und einer kurzen Kritik unterzogen werden.[7] Dabei werden gleich die in der eigenen Untersuchung benutzten Operationalisierungen erklärt. Der Vollständigkeit halber werden auch die Indikatoren zur Messung wissenschaftlicher Aktivitäten und Resultate besprochen.

Manpower

PRICE[8] definiert Wissenschaftler als Verfasser mindestens einer wissenschaftlichen Publikation. Gezählt werden die zu einem Zeitpunkt noch lebenden Wissenschaftler.
Die Auffassung, dass das Publizieren wissenschaftlicher Abhandlungen eine hinreichende und notwendige Bedingung sei, um als Wissenschaftler zu gelten, wurde gelegentlich bestritten, da Militär- und Industrieforscher der Geheimhaltung unterliegen und daher nur eingeschränkt publizieren dürfen und wollen. Als Alternative wurde daher von anderen Autoren vorgeschlagen, Wissenschaftler über das Erreichen eines bestimmten akademischen Grades, z. B. der Promotion, zu definieren. Gegen diesen Vorschlag lässt sich einwenden, dass nur ein Teil aller Graduierten auch eine wissenschaftliche Laufbahn einschlägt. Die Abgrenzung zwischen Wissenschaftlern und hochqualifizierten Nichtwissenschaftlern verschwimmt zunehmend, wie z. B. TOULMIN[9] konstatiert.
Wesentlich problematischer an beiden Definitionen ist, dass der mit ihnen gewonnene Manpower-Index wegen mangelnder Statistiken nur etwa 100 Jahre zurückverfolgt werden kann. Price (1963) analysierte selbst nur die USA im Zeitraum 1903 - 1960. Daraus leitete er eine Verdopplungszeit von 12,5 Jahren für die absolute Manpower bzw. eine Verdopplungszeit von 17 Jahren für die Manpower relativ zur Bevölkerungszahl ab.
Länger zurückverfolgen lässt sich dagegen die Zahl der Professoren, die unzweifelhaft als Wissenschaftler gelten und allein das Monopol besitzen, wissenschaftliche Grade zu verleihen. Die Anzahl der Professoren lässt sich beispielsweise anhand der Chroniken der nicht so zahlreichen Universitäten über die Jahrhunderte verfolgen. Für die letzten 100 Jahre liegen auch aggregierte Statistiken vor.
Aus diesen Gründen wurde bei der Analyse des deutschen Wissenschaftssystems die Anzahl der Professoren als Schlüsselvariable verwendet. Die Daten für den Zeitraum 1650 - 1900 wurden aus Angaben in Eulenburg (1904) rekonstruiert, die Zahlen für die Folgezeit konnten den Statistischen Jahrbüchern entnommen werden. Gezählt wurden die ordentlichen, außerordentlichen und außerplanmäßigen Professoren. Nicht erfasst sind Emeriti, Honorar- und Gastprofessoren sowie Akademische Räte, Assistenten, Lehrbeauftragte und

[7] Eine ausführliche Besprechung der von PRICE verwendeten Wissenschaftsindikatoren findet man bei Renate Breithecker-Amend (1988, 1992), auf deren Überlegungen sich die hier präsentierten Argumente wesentlich stützen. Einen allgemeinen Überblick über die Verwendung von Wissenschaftsindikatoren bieten Peter Weingart und Matthias Winterhager in *Die Vermessung der Forschung. Theorie und Praxis der Wissenschaftsindikatoren*, Campus Frankfurt/Main 1984. Die Empfehlungen der OECD für die in offiziellen Statistiken verwendeten FuE-Indikatoren sind in den verschiedenen Ausgaben des *Frascati-Manuals* zu finden.

[8] Vgl. Derek J. de Solla Price, *Science since Babylon*, Yale University Press New Haven 1961, S. 175.

[9] Stephen Toulmin, *Is There a Limit to Scientific Growth?*, Science Journal **2** (1966), S. 83.

Privatdozenten sowie sonstiges wissenschaftliches Personal. Die Zeitreihe und die Quellennachweise finden sich im Anhang A.2.

Geld

PRICE argumentiert an verschiedenen Stellen mit der Höhe der Forschungsausgaben, ohne jedoch eine genaue Operationalisierung dieser Größe anzugeben. Eine tatsächliche Zeitreihenanalyse der finanziellen Aufwendungen für Wissenschaft und Forschung findet sich weder in *Science since Babylon* noch in *Little Science – Big Science*. Price (1963) verweist lediglich auf den Umstand, dass der 1960 erreichte Anteil der FuE-Ausgaben von 2% bis 3% des Bruttosozialprodukts (BSP) nicht sehr viel weiter ansteigen kann und daher eine Verknappung der finanziellen Ressourcen zu erwarten sei.
In der Tat ist es sehr schwer, die Höhe der Ausgaben für Wissenschaft und Forschung sowie deren Anteil an der Wirtschaftsleistung über längere Zeiten zu vergleichen. Zum einen wurde erst im 20. Jahrhundert begonnen, entsprechende Daten systematisch zu erheben, und zum anderen unterliegen monetäre Angaben über längere Zeiträume dem verzerrenden Einfluss von Inflation und Deflation. Mit Inflationsindices lässt sich diesem Problem begegnen, aber für Wissenschaft, Forschung und technische Entwicklung fehlt bisher ein solcher Index. Man muss sich deshalb mit allgemeinen Indices wie beispielsweise dem BSP-Deflator oder dem Verbraucherpreisindex der öffentlichen Haushalte behelfen. Da die Erhebungsmethoden für alle genannten Größen im Laufe der Zeit mehrfach geändert wurden, kann man aus sehr langen Zeitreihen bestenfalls Tendenzaussagen ableiten.
Trotz dieser Einschränkungen wurde versucht, die Höhe der in Deutschland für wissenschaftliche Zwecke eingesetzten Mittel zumindest für die Zeit seit 1870 zu ermitteln, da das Argument finanzieller Beschränkungen in der wissenschaftspolitischen Diskussion eine prominente Rolle spielt. Dank der retrospektiven Untersuchungen von FRANK R. PFETSCH liegen die staatlichen Wissenschaftsausgaben seit Mitte des 19. Jahrhunderts vor. Dazu zählen die Ausgaben der Gebietskörperschaften für Forschung, Lehre und wissenschaftliche Dienstleistungen an Hochschulen, Forschungs- und Service-Einrichtungen sowie für Forschungsaufträge. Für die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg bieten die *Bundesberichte Forschung* außerdem Zeitreihen der öffentlichen sowie privaten Ausgaben für Forschung und experimentelle Entwicklung (FuE).[10] Die Daten der aus diesen Quellen kompilierten Zeitreihe der Wissenschafts- und FuE-Ausgaben finden sich im Anhang A.3.

Wissenschaftliche Einrichtungen

PRICE betrachtet in *Science since Babylon* (S. 183f.) die Zahl der Universitätsgründungen in Europa zwischen 950 und 1800. Allerdings finden sich dort weder Quellenangaben noch präzise Zahlen. Selbst die Definition von Europa erscheint etwas eigenwillig, wird doch Kairo als europäische Universitätsstadt erwähnt.
Die Anzahl wissenschaftlicher Einrichtungen ist keine besonders gut operationalisierbare Größe; hauptsächlich deswegen, weil solche Einrichtungen oft in eine hierarchische Organisation eingebunden sind und nicht klar ist, welche Entitäten als selbstständige Einrichtung gezählt werden sollen. Zählen die Forschungslabors eines großen Chemiekonzerns alle ein-

[10] Zur genauen Abgrenzung der FuE-Aufwendungen vergleiche die aktuelle Fassung des *Frascati Manual*, OECD Paris 2002.

zeln, oder nur die Forschungsabteilung als solche? Zählt man nur ganze Universitäten, oder besser die Fakultäten oder gar die einzelnen Institute?
Im Rahmen dieser Arbeit wurde beim Zählen der Professoren gleich die Anzahl der Hochschulen mit erfasst. Daher lag es nahe, trotz der oben genannten Einwände deren zeitliche Entwicklung auszuwerten, zumal dieser Indikator einige Argumente für sich hat: Die Zahl der Hochschulen lässt sich recht gut über die Jahrhunderte verfolgen, und Hochschulen sind unstrittig wissenschaftliche Einrichtungen (wenn auch nicht die einzigen). Als Hochschulen wurden Universitäten, Technische Universitäten, Gesamthochschulen, Technische und sonstige Hochschulen (Bau-, Film-, Forst-, Handels-, Kunst-, Landwirtschafts-, Medizinische, Militär-, Montan-, Musik-, Sport-, Theater-, Theologische und Theologisch-Philosophische, Verwaltungs-, Veterinär-, Wirtschafts-), Pädagogische Hochschulen und Fachhochschulen erfasst, unabhängig vom Träger (privat/staatlich/kirchlich). Nicht erfasst wurden Fachschulen, reine Forschungseinrichtungen und – aufgrund von Abgrenzungsproblemen – Verwaltungsfachhochschulen. Als Datengrundlage boten sich die aktuelle Hochschulliste der Hochschulrektorenkonferenz sowie Ellwein (1985) an, dessen Arbeit eine weitgehend komplette Liste aller Hochschulen enthält, die jemals im deutschsprachigen Raum gegründet wurden. Aus den beiden Quellen wurden die zum jeweiligen Zeitpunkt als selbstständige Einheiten operierenden Hochschulen im Untersuchungsgebiet ermittelt. Die komplette Hochschulliste findet sich im Anhang A.1, die daraus gewonnene Zeitreihe in A.2.

Aktivitätsmaße

Obgleich es eine Fülle verschiedenster wissenschaftlicher Aktivitäten gibt, konzentrieren sich die meisten scientometrischen Studien auf die Publikationstätigkeit.[11] Auch für Price sind die Publikationen der wichtigste Indikator wissenschaftlicher Entwicklung: Er untersucht Zeitschriften, Abstract-Zeitschriften und Artikel, nicht aber Bücher. Einzig für die Anzahl der Zeitschriften gelingt ihm eine Analyse über drei Jahrhunderte: Seit 1665 mit den *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* das erste wissenschaftliche Journal publiziert worden sei, hätte sich die Zahl der wissenschaftlichen Zeitschriften regelmäßig aller 50 Jahre verzehnfacht.
Price zählt bei seiner Analyse die Zahl der jemals gegründeten Zeitschriften, ohne die zwischenzeitlich eingestellten abzuziehen. Es ist daher zu vermuten, dass die von Price angegebenen Wachstumsraten zu hoch sind. In anderen Analysen zählt Price die Zahl der Artikel, die in bestimmten Zeitschriften erschienen sind. Diese Analysen erstrecken sich aber entweder auf eng umgrenzte Fachgebiete oder spezielle Zeitschriften, nicht auf größere Aggregate. Außerdem umfasst ihr Zeithorizont nie die vollen 300 Jahre, für die Price ein exponentielles Wachstum reklamiert.
Im Nachgang zu den Pionierarbeiten von Price sind eine größere Zahl von Studien entstanden, die Zeitreihen für die Publikationshäufigkeit in ausgewählten Wissenschaftsgebieten erhoben und analysiert haben.[12] In vielen Fällen wurden von einem einfachen exponentiellen oder logistischen Wachstumsgesetz abweichende Verläufe gefunden.

[11] Daneben gibt es auch einige Zeitreihen über die Häufigkeit von Kongressen, z. B. Robert Oseman, *Conferences and Their Literature*, Library Association London 1989, im Kapitel 4 „The Growth of Conferences“, S. 66 - 86.
[12] Vgl. z. B. Menard (1971) und Wagner-Döbler (1997), S. 117 - 149.

Um Missverständnisse zu vermeiden, soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Anzahl der erscheinenden Zeitschriften oder der jährlich veröffentlichten Artikel lediglich Maße für die Höhe bestimmter wissenschaftlicher Aktivitäten darstellen. Damit wird nicht der „Erkenntnisfortschritt“ gemessen, wie Renate Breithecker-Amend (1988) auf S. 170 zu Recht feststellt: „Die von Price verwendeten Indikatoren messen weniger den Erkenntnisfortschritt als vielmehr die quantitative Entwicklung der Wissenschaft. Damit können keine Aussagen über den Inhalt, sondern nur über das Ausmaß der wissenschaftlichen Aktivität gemacht werden.“

Außerdem ist zu beachten, dass der Anteil der gemessenen Aktivität an der gesamten wissenschaftlichen Aktivität zwischen verschiedenen Ländern, Disziplinen, Forschungsformen und Jahrhunderten massiv schwanken kann. Beispielsweise ist die Veröffentlichungsneigung in Ländern, bei denen die Zahl der Veröffentlichungen die Karrieremöglichkeiten bestimmt, höher als in Ländern ohne den *Publish-or-Perish*-Zwang. Allein aus der Zahl der Publikationen lässt sich also nicht auf den Gesamtumfang aller wissenschaftlichen Aktivitäten schließen. Darüber hinaus darf bei der Interpretation der Daten nicht vergessen werden, dass sich Zweck und Inhalt von Publikationen deutlich unterscheiden können, obwohl sie in bestimmter Hinsicht dieselbe äußere Form haben und daher mit demselben Indikator erfasst werden.

Output-Maße

Wie bereits oben erwähnt, ist die bloße Zahl an Publikationen kein geeignetes Maß für den Wissensfortschritt. Um aus Publikationsstatistiken zu einer Wissensmessung zu kommen, muss man zusätzlich Relevanzbewertungen hinzuziehen. Da in die Definition von Output-Indikatoren notwendigerweise Wertentscheidungen einfließen und sie darüber hinaus wissenschaftspolitisch Brisanz aufweisen, sind Output-Indikatoren besonders umstritten.[13] PRICE hat in dieser Richtung nur wenig unternommen; gleichwohl haben andere Autoren versucht, die Lücke zu füllen.[14]

Ein relativ oft beschrittener Weg besteht darin, Wissensfortschritt an Schlüsselerkenntnissen festzumachen.[15] Solche Analysen basieren entweder auf wissenschaftshistorischen Zeittafeln wichtiger Entdeckungen[16] oder auf Befragungen einschlägiger Experten. Bekannt wurden in diesem Zusammenhang die beiden retrospektiven Innovationsstudien *Traces*

[13] Vergleiche die Diskussion bei Weingart (1984), S. 18 - 31.

[14] Zu erwähnen ist hier z. B. die Arbeit von Franz Stuhlhofer, *Unser Wissen verdoppelt sich alle 100 Jahre*, Berichte zur Wissenschaftsgeschichte **6** (1983), S. 169 - 193, die neben verschiedenen Operationalisierungen auch eine umfangreiche Bibliographie von Datenquellen bietet.

[15] Als Warnung bleibt anzumerken, dass sich die Output-Messungen der Scientometriker nur für die Wissenschaft *als produktives Unternehmen*, nicht für Wissenschaft *als kognitives Unterfangen* interessieren, das Gegenstand der Wissenschaftstheoretiker ist. Eine Operationalisierung des Outputs als Schlüsselerkenntnisse impliziert also keineswegs, dass in kognitiver Hinsicht der Wissensfortschritt kumulativ nach einer Art Kübelmodell verlaufe. Vielmehr bleibt die KUHNsche Einsicht richtig, die Rescher (1978) so formuliert: „Meistens macht der wissenschaftliche Fortschritt das vorausgegangene eher zunichte, als das er es erweitert – er schafft das Neue auf den Ruinen des Alten. Im allgemeinen kommt die Theoriebildung nicht durch Hinzufügung und Erweiterung, sondern durch Zerstörung und Ersetzung voran.“ (S. 88)

[16] Häufig herangezogen werden z. B. Felix Auerbach, *Geschichtstafeln der Physik*, Barth Leipzig 1910; Ludwig Darmstaedter und René du Bois-Reymond, *4000 Jahre Pionierarbeit in den exakten Wissenschaften*, Stargardt Berlin 1904; Ludwig Darmstaedter, *Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik*, Springer Berlin 1908; Franz Feldhaus, *Lexicon der Erfindungen und Entdeckungen auf den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik*, Winter Heidelberg 1904.

und *Hindsight*, in denen untersucht wurde, welchen Beitrag verschiedene Forschungstypen zur Technikentwicklung geleistet haben.[17]
Anstatt auf Schlüsselerkenntnisse zu rekurrieren, werden gelegentlich auch deren Urheber – berühmte Forscher, die mit Preisen oder durch Aufnahme in wissenschaftliche Gesellschaften ausgezeichnet wurden – herangezogen, um den Output von Wissenschaft zu quantifizieren. Ein völlig anderer Weg besteht darin, die Anzahl bekannter Objekte eines bestimmten Typs (Sterne, Pflanzen, chemische Elemente oder Verbindungen etc.) als Maß für den Wissensfortschritt auszuwählen. Vorgeschlagen wurde auch, den in Lehrbüchern kanonisierten Wissensbestand als Maß für den Erkenntnisfortschritt auszuwählen.[18] In jüngster Zeit ist es darüber hinaus mit dem Aufkommen des *Science Citation Index* zunehmend Usus geworden, Zeitschriftenpublikationen mit ihrer tatsächlichen oder erwarteten[19] Zitierhäufigkeit zu gewichten und dies als Output-Maß zu verwenden.

3.1.2 Methodische Schwierigkeiten

Unabhängig von den oben beschriebenen Schwierigkeiten, die mit der Operationalisierung der Indikatoren und der Beschaffung der Daten verbunden sind, gibt es einen grundsätzlichen Einwand gegen die Verwendung quantitativer Indikatoren sowie zwei methodische Probleme bei der Darstellung. Die letzten beiden betreffen die Frage, ob man an Bestandsgrößen oder an deren Änderung interessiert ist, bzw. die Frage, ob man absolute Größen oder besser ihre Relation zu Basisgrößen darstellt.

Historische Variabilität

Sozialwissenschaftliche Untersuchungen haben mit dem Problem zu kämpfen, dass ihr Untersuchungsgegenstand in der Regel starken räumlichen und zeitlichen Veränderungen unterliegt. Auch die Auffassung davon, was als Wissenschaft gilt, hat sich über die Jahrhunderte geändert. Mathematisch-numerische Indikatoren setzen sich daher stets der Kritik aus, Äpfel mit Birnen zu vergleichen. Auch Price' Studie wurde so kritisiert:

> What is ‚science' by definition today perhaps was not twenty or fifty years ago and may not be twenty or fifty years hence. [...] As our definition of what constitutes scientific activity broadens, so the limit which we are prepared to set as a desirable proportion of our GNP or human ressources to be spent upon, does as well.
>
> Steven Rose (1967), *The S-Curve Considered*, S. 36

[17] In den 60er Jahren ließ das amerikanische Verteidigungsministerium in der Studie *Hindsight* untersuchen, welchen Anteil die eigene Militärforschung im Verhältnis zu anderweitig finanzierter Forschung an der Verbesserung zwanzig ausgewählter Waffensysteme hatte. Dabei wurden die relevanten Beiträge 25 Jahre zurückverfolgt. 710 solcher Forschungsbeiträge wurden isoliert. 91% der Beiträge kamen aus der technologischen Forschung, 8,7% aus der angewandten Forschung und nur 0,3% aus der selbstgesteuerten Grundlagenforschung. Die Ergebnisse der Studie provozierten massiven Widerspruch, insbesondere wurde die benutzte Methode aufgrund des kurzen Zeithorizonts und der ausschließlichen Berücksichtigung positiver Ereignisse heftig kritisiert. Als Reaktion auf *Hindsight* gab die *National Science Foundation*, die in den USA für die Forschungsförderung im Bereich der Grundlagenforschung zuständig ist, die Studie *Traces* in Auftrag, die mit einer ähnlichen Methode wie *Hindsight* die relevanten Beiträge zu einigen wichtigen zivilen Technologien analysieren sollte, aber bei einem auf 100 Jahre ausgedehnten Betrachtungszeitraum. Das Ergebnis dürfte wenig verwundern: 70% der Beiträge wurden von der Grundlagenforschung beigesteuert, 20% von der angewandten Forschung und 10% von gezielter Entwicklungsforschung. Weitere Einzelheiten kann man bei Spiegel-Rösing (1973), S. 116ff., nachlesen.

[18] Vgl. in allem Stuhlhofer (1983).

[19] Als Erwartungswert wird die mittlere Zitierhäufigkeit des betreffenden Journals, sein Impakt-Faktor, herangezogen.

PRICE selbst geht auf historische Veränderungen in der Wissenschaftsentwicklung ein, ohne daraus Konsequenzen für seine quantitativen Untersuchungen zu ziehen. Dies mag seiner Herkunft aus der Physik geschuldet sein. Dort hat es sich oft bewährt, zunächst nach Meßgrößen und dafür geeigneten Messverfahren Ausschau zu halten, und nach erfolgter Messung die Resultate einer kritischen Fehlerdiskussion zu unterziehen.
Da sich das Instrumentarium der quantitativen Wissenschaftsforschung, wie insbesondere der *Science Citation Index* eindrucksvoll beweist, mittlerweile fest etabliert hat, soll der fundamentale Einwand uns hier nicht erschrecken.

Kumulierte Daten

Bei Manpower und wissenschaftlichen Einrichtungen erscheint es allein sinnvoll, Bestandsgrößen anzugeben, d. h. die Zahl der gegenwärtig aktiven Wissenschaftler bzw. Einrichtungen. Bei den finanziellen Ressourcen ist dagegen die Flussgröße interessant, also zum Beispiel die jährlichen FuE-Ausgaben eines Landes. Schwierig ist die Frage bei den Publikationen zu beurteilen. Price (1961, 1963) verwendet hier kumulierte Daten, d. h. die Zahl aller bis zum Zeitpunkt t erschienenen Artikel, anstelle der Flussgröße, d. h. der Rate, mit der neue Artikel erscheinen. Dieses Vorgehen glättet die Kurven. Falls das Wachstum exponentiell verläuft, ist es für die Beurteilung der Wachstumsgeschwindigkeit unerheblich, ob man die Flussgröße oder die durch Integration daraus hervorgehende Bestandsgröße betrachtet. Ist hingegen das Wachstum keine Exponentialfunktion, dann spielt die Wahl eine Rolle.

Relative Daten

Vor allem bei den Indikatoren *Manpower* und *finanzielle Ressourcen* stellt sich die Frage, ob man die Größe in absoluter Höhe misst oder besser relativ zu einer Grundmenge, also z. B. der Gesamtbevölkerung oder der Wirtschaftsleistung. Ob die Aufwendungen für Wissenschaft schneller wachsen als die Wirtschaftsleistung, lässt sich nur durch ein relatives Maß feststellen. Andererseits kann das Wissenschaftssystem auch bei konstantem oder gar sinkendem Anteil der Wissenschaftsausgaben an der Wirtschaftskraft wachsen, wenn nur das Wirtschaftswachstum entsprechend schnell verläuft. Beide Messweisen haben ihre eigene Aussagekraft und Berechtigung.
Bei den eigenen Untersuchungen am Beispiel Deutschlands wurde relativen Größen der Vorzug gegeben, weil sie die nicht wissenschaftsbedingten Änderungen – z. B. die massiven territorialen Veränderung 1918 und 1945 – nicht so stark abbilden wie die absoluten Größen. Außerdem lässt sich an relativen Größen die These von PRICE besser prüfen, ob der Anteil der Wissenschaft an der insgesamt verfügbaren Manpower und Wirtschaftskraft nach 300 Jahren massiven Zugewinns zu stagnieren begonnen hat.

3.1.3 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.
In einer eigenen Studie wurde die zeitliche Entwicklung dreier Indikatoren für Deutschland untersucht. Der Ressourceninput für die Wissenschaft (Manpower, Einrichtungen

und Geld) wurde als *Zahl der Professorenstellen*, die *Zahl der Hochschulen* und *die Höhe der Wissenschafts- bzw. FuE-Ausgaben* gemessen. Dabei wurden bis 1914 die Grenzen von 1871, von 1918 - 1934 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. Als Finanzindikatoren wurden die staatlichen Wissenschaftsausgaben sowie die öffentlichen und privaten FuE-Aufwendungen herangezogen, mit Hilfe des BSP-Deflators 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 wurden relativ zu Fläche und Bevölkerung betrachtet, und die finanziellen Aufwendungen relativ zu Bevölkerung, Staatsetat und Bruttosozialprodukt. Das Ergebnis zeigen die vier Diagramme 3.1 bis 3.4.

Die flächenbezogene Hochschuldichte ist zwischen 1650 und 1970 auf das 18fache gestiegen; die Professorendichte wuchs sogar um reichlich zwei Größenordnungen. Die zeitlichen Entwicklungskurven lassen sich gut durch eine Hyperbel $\propto (t_0 - t)^{-1}$ bzw. eine quadrierte Hyperbel $\propto (t_0 - t)^{-2}$ approximieren. 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. 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, 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 Wissenschafts- und FuE-Ausgaben lassen sich nicht so gut durch eine analytische Funktion approximieren, was angesichts der wirtschaftlichen Turbulenzen im letzten 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 Ausgaben sowie massiver Einbruch der privaten FuE-Aufwendungen Anfang der 90er Jahre. Der Anstieg der letzten Jahre hat nicht ausgereicht, um den vor 20 Jahren schon einmal erreichten Stand wieder zu erreichen.

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 die Vermutung von Price: Exponententielle Kurven findet man bei freiem Wachstum z. B. von Bakterienpopulationen. Der Zuwachs ist dort stets proportional zum schon erreichten Populationsumfang. Daraus resultiert eine konstante Verdopplungszeit. Die Wissenschaft dagegen hat es geschafft, ihre Wachstumsbedingun-

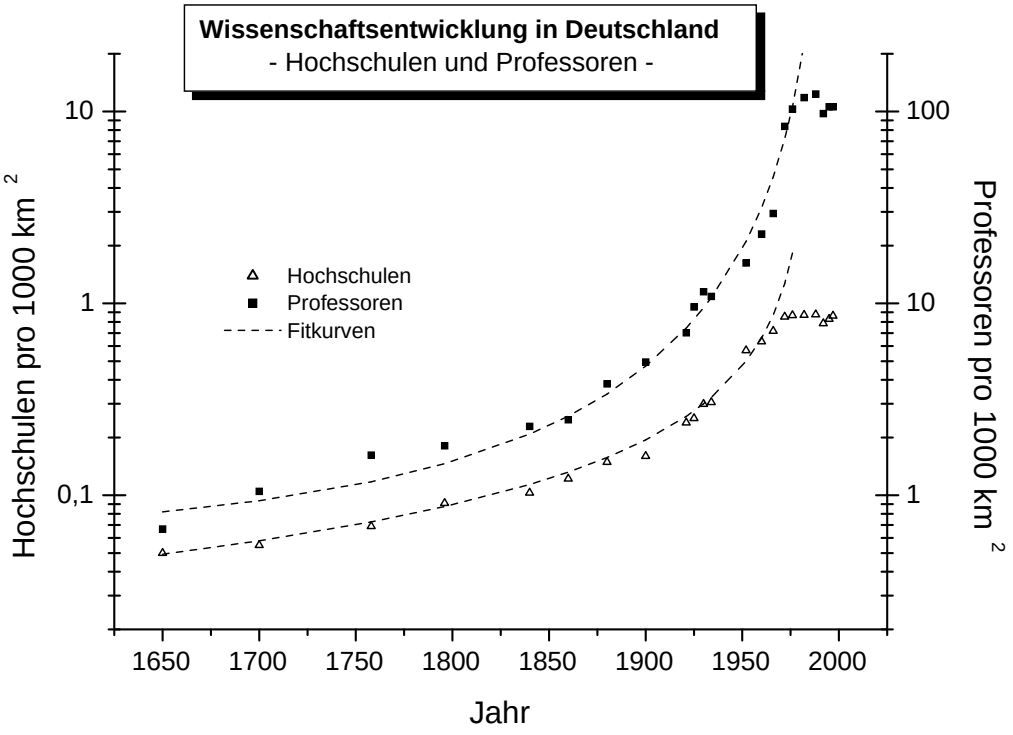

Abb. 3.1: Professoren und Hochschulen pro Fläche

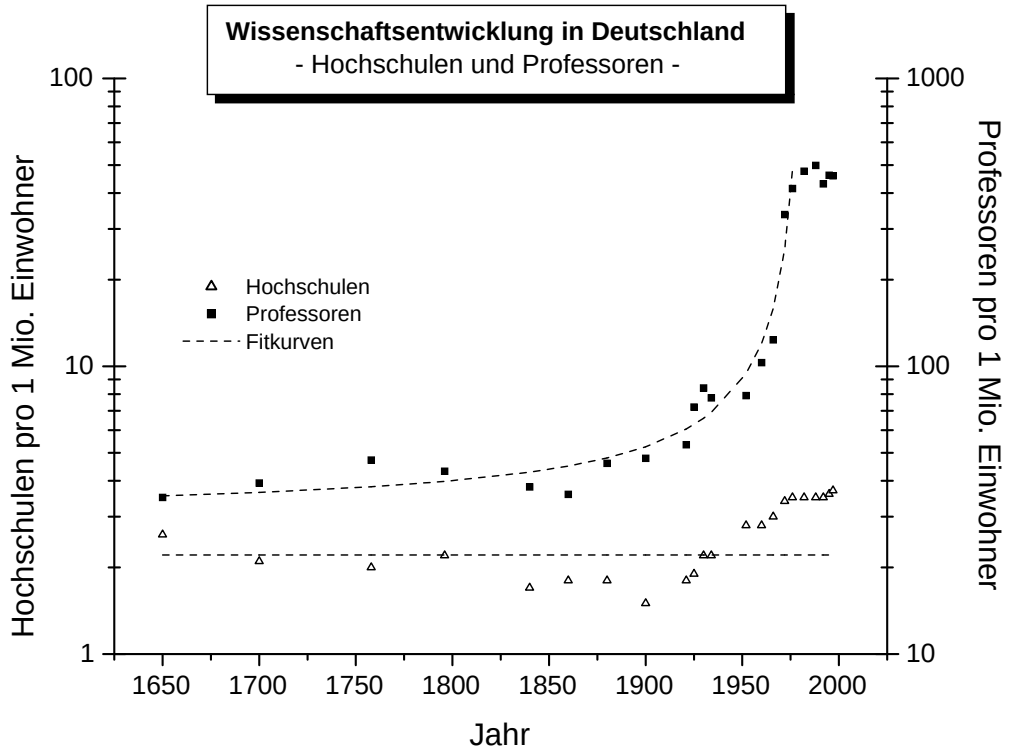

Abb. 3.2: Professoren und Hochschulen pro Einwohner

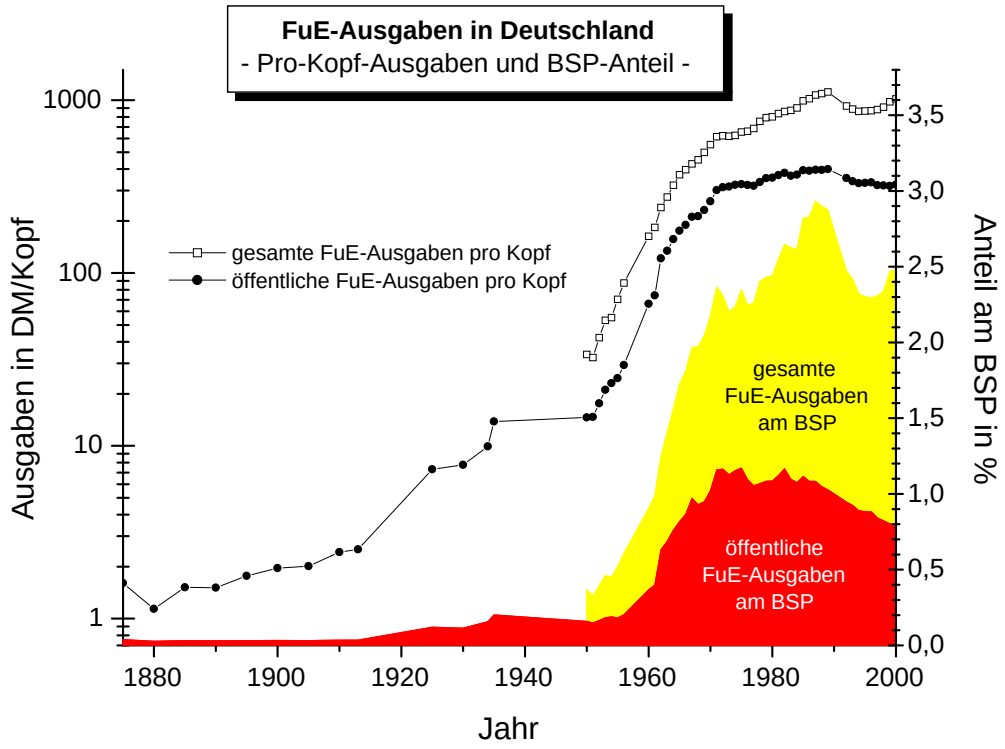

Abb. 3.3: Ausgaben für Forschung und Entwicklung

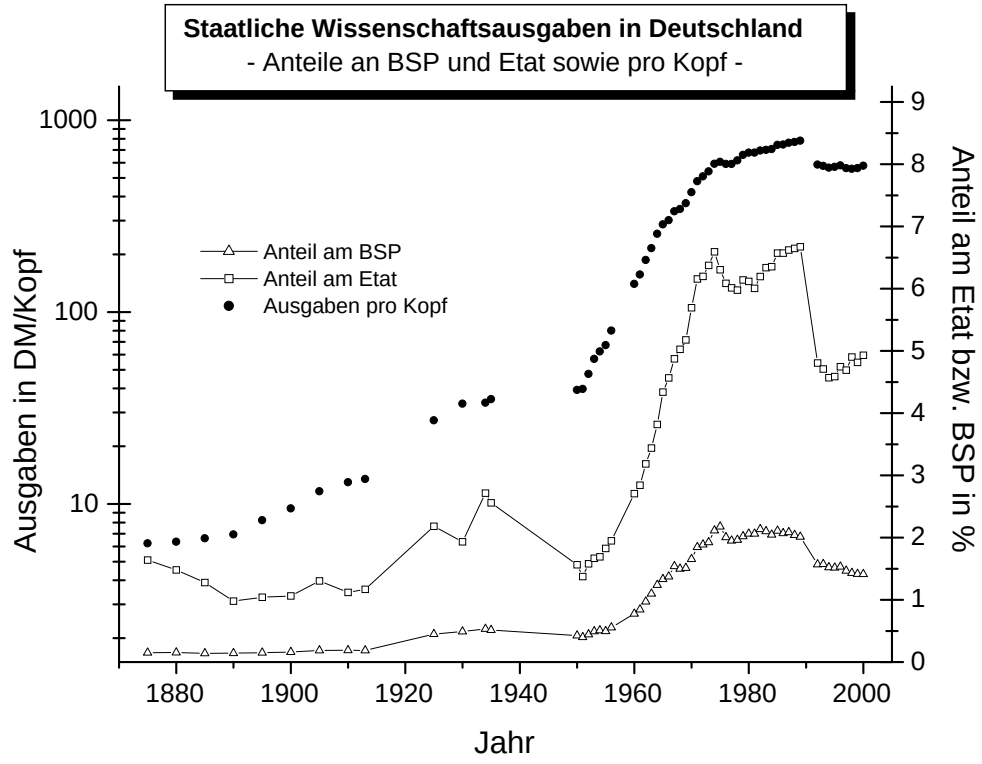

Abb. 3.4: Staatliche Wissenschaftsausgaben

gen 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[20] treffend als *Steady State* bezeichnet. Weiteres Ressourcenwachstum der Wissenschaft scheint nur noch in dem Rahmen möglich zu sein, in dem die Basisgrößen Bevölkerung und Wirtschaftskraft wachsen. 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.
>
> Derek J. de Solla Price (1963), *Little Science – Big Science*, S. 42

3.2 Wachstumseffekte

Bevor wir die Konsequenzen des Übergangs in den *Steady State* untersuchen, sollen anhand von vier Thesen zuerst noch einige grundsätzliche Überlegungen zu Wachstumseffekten in der Wissenschaft vorgestellt werden, die aufzeigen, wie der Ressourceninput mit dem Output von Wissenschaft verknüpft ist. Die Überlegungen basieren wesentlich auf Gedanken, die bereits NICHOLAS RESCHER und DEREK J. DE SOLLA PRICE aus verschiedenen Quellen zusammengetragen haben.

3.2.1 Hohe Gegenwartskonzentration

These 1 *Hohe Gegenwartskonzentration: Während der Wachstumsphase sind sowohl die meisten Forscher als auch die meisten Publikationen zeitgenössisch gewesen.*[21]

[20] J. Ziman, *Prometheus Bound: Science in a Dynamic Steady State*, Cambridge University Press 1994.
[21] Vgl. Price (1963), Kapitel „Prolog zu einer Wissenschaftswissenschaft“, S. 13 - 42.

Während für Menschen generell gilt, dass die meisten Personen, die jemals gelebt haben, bereits tot sind, galt während der Wachstumsphase der Wissenschaft stets, dass die meisten Wissenschaftler Zeitgenossen sind. PRICE erklärt diesen Effekt so:

> Wenn sich die Zahl aller Wissenschaftler, sagen wir, alle 15 Jahre verdoppelt, dann werden in jedem Intervall von 15 Jahren so viele Wissenschaftler ausgebildet wie in der gesamten Zeit davor. Aber zu jedem Zeitpunkt existieren Wissenschaftler nebeneinander, die in den vergangenen 45 Jahren ausgebildet wurden. Dieses Zeitintervall entspricht dem mittleren Abstand zwischen Eingliederung in die Forschungsfront und Rücktritt von der aktiven wissenschaftlichen Arbeit. Folglich kommt auf jeden Wissenschaftler, der vor mehr als 45 Jahren geboren wurde, eine in der ersten, zwei in der zweiten und vier in der dritten Verdopplungsperiode geborenen Personen, die Wissenschaftler wurden oder werden. Das bedeutet, daß von 8 Wissenschaftlern heute 7 leben, also 87,5%; das wollen wir den Koeffizienten der Gegenwartskonzentration nennen. [...]
> Für eine Verdopplungsperiode von 10 Jahren berechnet sich der Koeffizient der Gegenwartskonzentration zu 96%, für eine Verdopplungsperiode von 20 Jahren zu 81%. Selbst wenn man nur die allgemeine Form der Wachstumsfunktion und die Größenordnung der Zeitkonstanten zugesteht, muß man das Gefühl bekommen, daß die meisten großen Wissenschaftler heute leben und der größere Teil aller wissenschaftlichen Arbeiten in unserer Generation geleistet wurde, von den zeitgenössischen Wissenschaftlern. Wir können dieses Prinzip durch die Bemerkung verdeutlichen, daß zwischen jetzt und irgendwann im übernächsten Jahrzehnt soviel wissenschaftliche Arbeit und so viele Wissenschaftler produziert werden wie in der gesamten Zeit bis heute.
>
> Derek J. de Solla Price (1963), *Little Science – Big Science*, S. 23f.

Das Ausmaß der Gegenwartskonzentration ist vom genauen Wert der Wachstumsgeschwindigkeit abhängig, aber der grundsätzliche Effekt ist davon nicht betroffen. Daher kann man wohl PRICE auch darin zustimmen, dass die hohe Gegenwartskonzentration nicht nur für das 20. Jahrhundert typisch gewesen ist, sondern für die gesamte neuzeitliche Wissenschaft.[22]

3.2.2 Abnehmender Grenznutzen

These 2 *Abnehmender Grenznutzen: Je mehr schon bekannt ist, desto mehr Aufwand muss für neue Entdeckungen getrieben werden.*[23]

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 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.[24] Eine ähnliche Tendenz kann auch in der Naturwissenschaft beobachtet werden: Die Experimente werden in allen Disziplinen immer teurer und technisch anspruchsvoller. Die Eskalation der Sachkosten für Apparate und Instrumente ist insbesondere in der Großforschung augenfällig. Gleichzeitig muss die Manpower immer länger

[22] In Price (1963) heißt es auf Seite 25: „Sowohl 1900 als auch 1800, als auch vielleicht 1700 konnte man zurückblickend sagen, daß die meisten Wissenschaftler, die je gelebt haben, noch leben, und daß das meiste Bekannte in den vergangenen Jahrzehnten gefunden wurde. In dieser Hinsicht ist die Welt der Wissenschaft heute nicht anders, als sie seit dem 17. Jahrhundert gewesen ist, auch wenn diese Einsicht überrascht."

[23] Vgl. Rescher (1978), Kapitel „Kosteneskalation: Das Plancksche Prinzip des wachsenden Aufwands", S. 85 - 101.

[24] 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!

trainiert werden, bis sie endlich eigenständig an der Forschungsfront arbeiten kann. War es beispielsweise 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 oft noch kein vollwertiges Mitglied der wissenschaftlichen Gemeinschaft.

Um Ergebnisse derselben Relevanz zu erzielen, muss ein stetig wachsender Aufwand an Manpower und Technik getrieben werden. Der Ressourcenaufwand ist im Verhältnis zum Ertrag ständig gestiegen. RESCHER[25] wollte diesen Effekt abnehmenden Grenznutzens auf die Naturwissenschaften begrenzt wissen, weil nur dort die Datenbeschaffung einer Kosteneskalation unterliegt. Untersuchungen anderer Autoren[26] legen jedoch die Vermutung nahe, dass auch in Formalwissenschaften wie der Mathematik sowie in den Sozial- und Geisteswissenschaften die Zahl der einfachen und gleichzeitig hochrelevanten Probleme begrenzt ist.
Natürlich gilt die These vom abnehmenden Grenznutzen nicht immer und überall. Ist beispielsweise gerade ein neues Messverfahren oder eine neue Methode entwickelt worden, so kann es auf einmal sehr viel leichter sein, Dinge zu messen oder zu beweisen, die zuvor nur unter großen Mühen zugänglich waren. Dies mag eine Ursache dafür sein, dass auch der Strom der wisssenschaftlicher Erkenntnis nicht kontinuierlich fließt, sondern Schwankungen unterliegt.[27] Im Großen und Ganzen gilt aber, dass die Entwicklung solcher neuen Verfahren mit der Zeit immer teurer und zeitaufwendiger wird.

3.2.3 Exzellenzverdünnung

These 3 *Exzellenzverdünnung: Die Zahl exzellenter Wissenschaftler wächst langsamer als die Gesamtzahl der Wissenschaftler.*[28]

Nach einer Abschätzung, die wohl auf JAQUES ROUSSEAU[29] (1712 - 1778) zurückgeht, wächst die Zahl der besonders produktiven und herausragenden Menschen in einer Gruppe etwa proportional zur Quadratwurzel der Gruppenstärke. Auf die Wissenschaft bezogen heißt das, platt formuliert: Wer 10 Genies haben will, der muss nur 100 Wissenschaftler beschäftigen, wer aber 1.000 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 geht mit dieser *Talentvermehrung* unvermeidlich eine *Talentverdünnung* einher, wie HUBERT MARKL den Sachverhalt beschreibt.[30]
ALFRED J. LOTKA[31] hat als Erster empirische Untersuchungen zur Produktivitätsverteilung von Wissenschaftlern angestellt und herausgefunden, dass die meisten Publikationen

[25] Vgl. Rescher (1978), S. 280ff.
[26] Vgl. z. B. Wagner-Döbler (2001).
[27] Untersuchungen der Schwankungen in der wissenschaftlichen Produktivität bieten u.a. Roland Wagner-Döbler, *Wachstumszyklen technisch-wissenschaftlicher Kreativität. Eine quantitative Studie unter besonderer Beachtung der Mathematik*, Campus Frankfurt/Main 1997 und T. J. Rainoff, *Wave-like Fluctuations of Creative Productivity in the Development of West-European Physics in the 18th and 19th Centuries*, Isis **12** (1929), S. 287 - 307.
[28] Vgl. Price (1963), Kapitel „Galton neuentdeckt“, S. 43 - 73.
[29] Vgl. hierzu Rescher (1978), S. 104f., und Zipf (1949), S. 452.
[30] So in Markl (1993a), S. 14f., und Markl (1993b), S. 67f., zu finden.
[31] Alfred J. Lotka, *The Frequency Distribution of Scientific Productivity*, Journal of the Washington Academy of Science **16** (1926), S. 317 - 323.

von einem Bruchteil der Autoren stammen. Als Verteilungsgesetz gab er an, dass die Zahl der Autoren, die genau n Aufsätze veröffentlicht haben, direkt proportional zu $1/n^2$ fällt. Demnach publizieren die meisten Autoren jeweils nur einen oder sehr wenige Aufsätze, während die kleine Spitzengruppe der Vielschreiber absolut gesehen ähnlich viel hervorbringt.
Diese Regularität gibt einen Hinweis darauf, dass die Produktivität äußerst ungleich verteilt ist, sagt aber noch nichts darüber aus, warum mit wachsender Gruppengröße der Anteil besonders Produktiver sinkt. PRICE gibt dafür auch keine saubere Begründung an, aber vielleicht ist sein Hinweis auf die Verbindung zwischen Produktivität, Berühmtheit und Intelligenz ein Wink in die richtige Richtung. An dieser Stelle soll daher die Vermutung gewagt werden, dass auch in der Wissenschaftsentwicklung ein Phänomen am Werk war, dass aus der Elitenforschung bekannt ist: Neue Gruppen, die aus dem Gang des Üblichen ausbrechen, werden zumeist von besonders Begabten begründet. Je etablierter eine Gruppe oder Strömung mit der Zeit wird, desto mehr zieht sie auch gewöhnliche Gestalten an. Am Anfang gibt es also innerhalb der kleinen Gruppe einen großen Anteil Hochbegabter, mit dem Wachstum erhöht sich zwar auch die absolute Zahl der Talente, aber ihr Anteil sinkt unweigerlich in dem Maße, in dem sich auch weniger Begabte angezogen fühlen.

3.2.4 Relevanzverdünnung

These 4 *Relevanzverdünnung: Die Menge wissenschaftlicher Resultate hoher Relevanz wächst langsamer als der Gesamtoutput an Publikationen.*[32]

NICHOLAS RESCHER teilt die wissenschaftlichen Ergebnisse in verschiedene Relevanzstufen 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 namhafter Preise stattgefunden!
Doch hat man nicht wirklich den Eindruck, dass es seit vielleicht 20 Jahren immer häufiger Nobelpreise für Entdeckungen gibt, die entweder schon sehr lange zurückliegen oder an die sich bald keiner mehr erinnern wird?

Hier soll versucht werden, diesen Effekt an einem eigenen Modell zu verdeutlichen. Stellen wir uns vor, die Beiträge zum menschlichen Wissen seien durch lauter kleiner Eiskristalle symbolisiert, die wie in einer Schneeflocke miteinander verbunden sind. Neue Entdeckungen basieren dabei fast immer auf älteren Vorarbeiten, d. h. die Schneeflocke wächst an ihrer Oberfläche, indem neue Eiskristalle sich an einige schon vorhandene anlagern – das Wachstum findet also an der Schnittstelle zwischen Wissen und Nichtwissen statt. So entstehen Fächer von aufeinander aufbauenden, aber zum Teil miteinander verknüpfen

[32] Vgl. Rescher (1978), Kapitel „Die Quantität der Qualität“, S. 102 - 119.

Wissenszweigen. Nun ist die Schneeflocke aber nicht dreidimensional, sondern befindet sich eher in einem vieldimensionalen Raum von Themen. Jeder neue Begriff fügt der Flocke eine neue Dimension hinzu. Mit der Zeit wächst also nicht nur das Volumen, sondern allmählich auch die Dimensionalität der Flocke. Wie man aus der Mathematik weiß, erhöht sich der Anteil des Volumens, der in der Nähe der Oberfläche liegt, mit der Zahl der Dimensionen. Das bedeutet, der Anteil der Schnittfläche zwischen Wissen und Nichtwissen wächst ständig – wir wissen immer mehr und besser darüber Bescheid, was wir nicht wissen. Die Fragen gehen uns niemals aus.

Die Relevanz eines Ergebnisses bemisst sich nun daran, wie viele spätere Untersuchungen auf ihm aufbauen, was sich z. B. darin niederschlagen kann, wie oft die ursprüngliche Arbeit zitiert wird. Im Bild der Schneeflocke heißt das: Eine Arbeit ist um so wichtiger, je mehr Flocken sich an sie – direkt oder indirekt – angelagert haben. Frühe Entdeckungen haben dabei offenkundig einen Vorteil gegenüber späteren: Sie liegen näher am Mittelpunkt der Schneeflocke und sind über mehr Eiskristalle mit der aktuellen Oberfläche verbunden – sie haben also größere Chancen als jüngere Resultate, auf sie aufbauende neue Resultate anzuziehen. Während die Relevanz früher Resultate erhalten bleibt,[33] verschlechtern sich die Chancen für die zu spät Gekommenen, eine ähnliche Bedeutung zu erlangen.

Es scheint also wie bei einer Kettenbrief-Aktion zuzugehen: So lange immer neue Mitspieler einsteigen, bescheren sie den Gründern satte Tantiemen, aber auch rechtzeitig Eingestiegene können hoffen, genug Nachahmer zu begeistern, um selbst in der Hierarchie aufzusteigen und am Gewinn zu partizipieren. Aber wehe, wenn der Zustrom neuer Mitspieler nachlässt und das ganze Schneeballsystem zusammenbricht!

3.3 Konsequenzen des *Steady State*

Es ist förmlich mit den Händen zu greifen, warum die Unzufriedenheit mit dem Forschungsoutput 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 unvermeidlich zu einer Abnahme an relevanten Forschungsergebnissen. Der Routine-Output dagegen wächst möglicherweise sogar noch eine Zeitlang 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.

[33] Unter Umständen auch dann, wenn sich als falsch erweisen! Beispielsweise wird die Newtonsche Mechanik, obwohl als falsch erkannt, heute trotzdem noch benutzt. Hier zeigen sich wieder die Unterschiede in der Betrachtung der Wissenschaft als *produktives* bzw. *kognitives* Unternehmen.

3.3.1 Relevante Resultate werden seltener

Ähnlich wie beim Entdecken neuer Kontinente kann auch in der Wissenschaft dieselbe Sache nur einmal entdeckt werden. Zweitentdeckungen gelten nichts. Wenn die These vom überproportional wachsenden Forschungsaufwand zumindest in den experimentellen Fächern 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 Forschungsresultate bleiben, führt kein Weg daran vorbei, die Mittel auf aussichtsreiche *Centers of Excellence* zu konzentrieren. Im Klartext: Ausgezeichnete MPIs 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 Hochschulen 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 forschen 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 auftun.

3.3.2 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 Ende 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 jedoch umstritten, was als Output des Wissenschaftssystems gezählt werden soll. Wer Effizienzvergleiche anstellen möchte, der kommt aber nicht umhin, auch den Output möglichst quantitativ zu erfassen. 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 ZIMAN,[34] der sich auch mit *Science Policy Studies* 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 ökomomische Verwertbarkeit der erhofften Forschungsresultate 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 und relevante Forschungsvorhaben konzentriert werden. 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 von Forschungsfeldern 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.[35]

Von den Effizienzforderungen wird 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 3-4 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 in wohldosierten Scheibchen[36] zu veröffentlichen, mit der

[34] J. Ziman, *Prometheus Bound: Science in a Dynamic Steady State*, Cambridge University Press 1994.

[35] Einen aktuellen Überblick über Prospektionsvorhaben in diversen Ländern bieten TFSC (1999) und Kaiser (1999).

[36] Die Produkte dieser publizistischen Salamitaktik sind als *Least Publishable Units* berüchtigt.

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 Top-Forscher vor lauter Gutachten 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.[37]

3.3.3 Akademische Laufbahn verliert an Attraktivität

Eine bislang kaum beachtete Folge des *Steady States* könnte ungeahnte Auswirkungen haben: Bisher konnte jeder Professor in seiner Laufbahn mehr als einen Nachfolger ausbilden, denn die Zahl der Professorenstellen wuchs hyperbolisch. Die Professorenschaft besitzt nun einmal 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 eines 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 Karrierepfads Diplom-Promotion-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[38] 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,

[37] Auch in Deutschland mehren sich die Stimmen, die Analysen von Aufwand und Ertrag nicht nur auf die Forschung, sondern auch auf die *Evaluation* von Forschung angewendet sehen wollen, z. B. Christiane Ebel-Gabriel, *Evaluieren wir uns zu Tode?*, Physikalische Blätter **57** (2001) Nr. 5, S. 3, und Eberhard Umbach, *Ist die 'Evaluitis' heilbar?*, Physik Journal **1** (2002) Nr. 2, S. 3.

[38] In der Tat wurde 2002 in einer Novelle des Hochschulrahmengesetzes festgelegt, dass ab 2009 die Habilitation keine Berufungsvoraussetzung für Professuren mehr sein darf. Die Novelle wurde aber 2004 vom Bundesverfassungsgericht gekippt.

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."

3.3.4 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, damit man in bestimmten Forschungsfeldern überhaupt noch vorankommt. Am weitesten fortgeschritten ist diese Tendenz mit Sicherheit in der Teilchenphysik und der Astrophysik, aber mittlerweile ziehen auch die Lebenswissenschaften 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 - 4, in den am weitesten „kollektivierten" Zweigen der Naturwissenschaft nicht selten mehr als 100.[39] 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 Putkammer – der NASA-Chefstratege – noch so sehr für Marsexpeditionen ins Zeug legen.

3.4 Wissensmanagement als Notwendigkeit

Wissenschaft hat drei Komponenten: Die Schaffung neuen Wissens sowie die Tradierung und Bewahrung alten Wissens. Ersteres wird gemeinhin als Forschung bezeichnet, die Tradierung mit der Weitergabe von Wissen an die nachfolgende Generation – der Lehre – und Letzteres mit dem Bibliothekswesen 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.

[39] Zum Aufkommen der Mehrautorenschaft siehe Price (1963), S. 98ff.

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 meist noch. Sowohl 1800 als auch 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 hochrelevanten 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.

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 Bedarfskritierien 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. 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.

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. Im Zuge der 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 oder können diese einkaufen. Ein zentrale Frage für das wissenschaftliche Wissensmanagement lautet daher:

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

Teil II

Wissensmanagement

> Wissen und Management, so bilden sich Manager wie Wissenschaftler ein, passen nicht besonders gut zueinander. [...] Im Extremfall betrachten Manager Wissenschaftler als entscheidungsunfähige Grübler und umgekehrt Wissenschaftler Manager als besinnungslose Macher.
>
> Helmut Willke (1998), *Systemisches Wissensmanagement*, S. 1

Trotz dieses vernichtenden Eingangsstatements schreibt der Bielefelder Soziologe HELMUT WILLKE weitere 400 Seiten über das Thema *Wissensmanagement*. Er ist damit nicht allein. Seit Mitte der 90er Jahre ist das Schlagwort in Soziologie und Wirtschaftswissenschaft zunehmend en vogue.[40] Dabei ist Wissensmanagement nicht allein eine theoretische Modewelle, sondern durchaus praxisrelevant. Das Thema *Wissensmanagement* hat auch in Unternehmen und Behörden eine steile Karriere gemacht. „Wenn ihr Unternehmen wüßte, was es alles weiß ...“ von Davenport und Prusak ist zum geflügelten Wort geworden. Auf der Computermesse CeBIT 2001 stellten mehrere Dutzend Anbieter ihre Wissensmanagement-Software vor. Wissensbasiert arbeitende Unternehmen – insbesondere Unternehmensberatungen – haben erkannt, dass Wissen zunehmend an Bedeutung gegenüber den klassischen Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital gewinnt.[41] Untersuchungen zeigen aber, dass nur ein Teil des im Unternehmen verfügbaren Wissens auch tatsächlich genutzt wird.[42] Nun versucht man, durch gezieltes Management der Wissensressourcen und -ströme die Wissensnutzung zu verbessern.

Betriebliches Wissensmanagement beginnt mit der Einsicht, dass Wissen in der Organisation zwar vorhanden, aber schlecht verteilt ist.[43] Eine Organisation verfügt im Wesentlichen über das nötige Wissen, aber die Bedarfsträger (Senken) werden von den Wissensträgern (Quellen) nicht optimal versorgt, d. h. entweder mit Irrelevantem überlastet oder von Relevantem ferngehalten. Wissensmanagement geht daher von der Bedarfsstruktur aus: Wer muss wann wo was wissen?
Das *Schweizerische Forum für Organisationales Lernen und Wissensmanagement* um den Genfer Ökonomen GILBERT PROBST hat mehrere Jahre gemeinsam mit Praktikern aus einer Reihe von Unternehmen daran gearbeitet, operative Aufgaben für das Wissensmanagement abzuleiten.[44] Es wurden die folgenden Bausteine identifiziert:

---

[40] Eine Datenbankrecherche in der Deutschen Bücherei Leipzig nach deutschsprachigen Büchern mit dem Titelstich- bzw. Schlagwort „Wissensmanagement“ ergab folgendes Resultat: Von 8 Veröffentlichungen im Jahre 1995 stieg die Zahl kontinuierlich (1996: 11; 1997: 14; 1998: 16; 1999: 52) bis auf 85 im Jahr 2000 an. Zu den einflussreichen frühen Arbeiten zählen u.a. Takeuchi (1995), Schreyögg (1996) und Davenport (1998).

[41] Vgl. Fallstudien bei Willke (1998) und Hill (1997).

[42] Vgl. B. Zucker und C. Schmitz, *Wissen nutzen statt verspielen*, Gablers Magazin 11-12/94, S. 62 - 65.

[43] Auslöser der betriebswirtschaftlichen Debatte über Wissensmanagement waren Feststellungen, dass Wissen in Unternehmen zwar vorhanden, aber nur zu einem geringen Teil auch genutzt wird. Im Vorwort von Bürgel (1998) heißt es dazu auf S. V: „Das muß einen Betriebswirt natürlich stutzig machen und auf Abhilfe sinnen lassen, hieße es geradezu, daß der überwiegende Teil des in den Unternehmen und in den Köpfen der Mitarbeiter vorhandenen Wissens nicht genutzt würde – eine enorme Ressourcenverschwendung und Wertschöpfungsbarriere.“

[44] Eine ausführliche Darstellung der Resultate bietet: Gilbert Probst, Steffen Raub und Kai Romhardt, *Wissen managen*, Gabler Wiesbaden 1997. Eine Synopse der PROBSTschen Ergebnisse liefert der Beitrag *Wissensmanagement. Modelle und Strategien für die Praxis* von H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto in Bürgel (1998), der im Folgenden stets als Kronzeuge herangezogen werden soll.

- Wissensziele festlegen
- Wissen und deren Träger identifizieren
- Wissen produzieren
- Wissen erwerben
- Wissen (ver-)teilen
- Wissen nutzen
- Wissen bewahren
- Wissen bewerten

In der vorliegenden Arbeit soll der Versuch gemacht werden, dieses Analyseraster auf ein nationales Wissenschaftssystem zu übertragen. Ansätze in dieser Richtung sind bisher sehr spärlich, Initiativen wie „Weiß Deutschland eigentlich, was es alles weiß. . . “ von Arthur D. Little und dem Göttinger Forum für Wissenschaft & Technik sind die seltene Ausnahmen von dieser Regel.[45] In der Wissenschaft als Ganzer hat die Wissensmanagement-Debatte erstaunlich wenig Widerhall gefunden. Erstaunlich deshalb, weil Wissen hier schon immer der entscheidende „Produktionsfaktor“ war und auch die akademische Wissenschaft seit Jahrzehnten betriebsförmige Organisationsstrukturen hat. Die naheliegende Vermutung, dass in der Wissenschaft schon immer sorgsam mit der wichtigsten Ressource umgegangen worden sei und man deshalb von dem Hype um Wissensmanagement nichts mehr lernen könne, wird jedem unplausibel erscheinen, der die Schreibtische einiger Professoren gesehen hat. Nur das Genie beherrscht das Chaos.
Diese Arbeit will daher der Frage nachgehen, was man mit Hinblick auf die in der Einleitung genannten Leitfragen aus der Debatte um betriebliches Wissensmanagement für Forschungsbetrieb und Wissenschaftsorganisation lernen kann. Zunächst muss man feststellen, dass Gegenstand und Ausgangslage in den beiden Fällen ein wenig differieren. Während in Unternehmen vor allem individuelles und kollektives Wissen gemanagt werden müssen, geht es in der Wissenschaft um explizites öffentliches Wissen. In der Wissenschaft ist vorhandenes Wissen idealerweise frei zugänglich, aber der Wissensbestand reicht nicht. In der Wissenschaft hat Wissensproduktion – also Forschung – einen ganz anderen Stellenwert als in den meisten Unternehmen. Umgekehrt wird von der Wissenschaft bereitgestelltes Wissen auch stark außerhalb ihrer selbst genutzt.
Aus den vorgenannten Gründen hat es sich in dieser Arbeit als zweckmäßig erwiesen, einige Bausteine zusammenzufassen. Das folgende **Kapitel 4** beschäftigt sich mit den Bausteinen *Wissensziele* und *Wissensidentifikation*. **Kapitel 5** widmet sich dem Management der *Wissensentwicklung*, also der Forschungskoordination und -steuerung. *Wissenserwerb*, *Wissens(ver)teilung* und *Wissensnutzung* wurden im **Kapitel 6** unter „Wissenstransfer“ zusammengefasst. **Kapitel 7** befasst sich mit *Wissenspeicherung* und *Wissensbewertung*.

[45] Persönliches Gespräch mit Dr. Stefan Odenthal (Arthur D. Little Wiesbaden) auf der CeBIT 2000.

Kapitel 4

Bedarf an Wissen

EMIL DU BOIS-REYMOND[1] (1818 - 1896) brachte in seinem Vortrag „Über die Grenzen des Naturerkennens“ auf der 45. Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte am 14. 8. 1872 in Leipzig in der berühmt gewordenen Formel *ignoramus et ignorabimus* seine Überzeugung auf den Punkt: Wir wissen nicht und werden nicht wissen, was die Welt im Innersten zusammenhält. DAVID HILBERT[2] (1862 - 1943) war derart vom Gegenteil der These überzeugt, dass er sich noch trotzig auf seinen Grabstein meißeln ließ: *Wir müssen wissen – Wir werden wissen.*[3]

HILBERTS Mahnung an die Nachgeborenen hat sich als treffend herausgestellt. Wir müssen wissen, um die Lebenschancen zukünftiger Generationen zu wahren. Der Apfel vom Baum der Erkenntnis, einmal angebissen, muss ganz gegessen werden. Der Rückweg in unwissende paradiesische Zustände ist verstellt. Aber Wissen stellt sich nicht von alleine ein. Es muss erarbeitet werden. Daher leiten uns im Folgenden die Fragen, denen jeweils ein eigener Abschnitt gewidmet ist:

- Aus welchen Motiven wird Wissenschaft betrieben und unterstützt? **(4.1)**
- Welche Art von Wissen erfordern die heutigen Herausforderungen? **(4.2)**
- Welche Wissensziele resultieren daraus? **(4.3)**
- Können wir im Vorhinein wissen, was wir zukünftig wissen müssen? **(4.4)**
- Wie können wir herausfinden, was wir künftig wissen müssen? **(4.5)**

4.1 Relevanz von Wissenschaft

Wie im Modellkapitel dargelegt wurde, ist das Wissenschaftssystem von externen Ressourcen abhängig, insbesondere der Bereitstellung finanzieller Mittel. Daher gerät die Wissenschaft in Rechtfertigungszwang, vor allem gegenüber Staat und Wirtschaft, die

[1] In Berlin tätiger, führender Physiologe seiner Zeit, der als brillanter Redner geschätzt wurde.

[2] Berühmter Mathematiker aus Könisgberg, der lange Zeit zusammen mit den nicht minder bedeutenden Mathematikern FELIX KLEIN und HERMANN MINKOWSKI in Göttingen wirkte, wo er heute auf dem Stadtfriedhof in illustrer Gesellschaft der Nobelpreisträger MAX BORN, MAX PLANCK, MAX VON LAUE, WALTHER NERNST und OTTO HAHN bestattet liegt.

[3] So zumindest erzählt HUBERT MARKL die Geschichte in *Wissenschaft: Wachstum ohne Grenzen?*, Nova Acta Leopoldina **NF 69** Nr. 285, S. 71.

den Großteil der Gelder gewähren. SPIEGEL-RÖSING[4] unterscheidet dabei drei gängige Argumentationsmuster, die sich auf die so genannte

- axiomatische,
- technologische bzw.
- soziale

Relevanz von Wissenschaft berufen. Da einige der in der Literatur vorfindlichen Argumente sich nicht guten Gewissens einer der drei Positionen zuordnen ließen, soll hier eine weitere Argumentationsstrategie – die Position der „indirekten Relevanz" – ergänzt werden.[5]
Jede der Begründungsstrategien beruht auf einem bestimmten Bild von Wissenschaft und führt auch zu spezifischen Verfahren der Forschungssteuerung. Nachfolgend werden die vier Positionen skizziert. Die Darstellung der ersten beiden stützt sich auf Spiegel-Rösing (1973), S. 88 - 100; die beiden letzten werden in eigenständiger Weise expliziert.

4.1.1 Axiomatische Relevanz

Die zentrale These der Position der axiomatischen Relevanz besagt, dass Wissenschaft ähnlich wie Kunst ein Gut an sich sei. Einzig legitimes Ziel der Wissenschaftsentwicklung sei die Vergrößerung des Corpus gesicherten Wissens. Wissenschaft zu treiben sei ein Kulturmerkmal des Menschen. Befriedigt werde damit die Neugier des Menschen, seine Stellung im Weltganzen zu erhellen und zu verstehen, was die Welt im Innersten zusammenhält. Wissenschaft als solche bedarf nach dieser Position keiner weiteren Rechtfertigung. Sie ist quasi axiomatisch legitimiert. Daher rührt auch die Bezeichnung dieser Position.[6]
Auf darunter liegenden Ebenen der Rechtfertigung – bei der Ressourcenverteilung zwischen verschiedenen Disziplinen und Forschungsprojekten – spielt allein das Kriterium wissenschaftlicher Qualität und Qualifikation eine Rolle. Denn ein qualifiziertes Urteil darüber, was gute Wissenschaft sei, ist nur dem ausgewiesenen Experten möglich, der über den entsprechend geschulten Sachverstand verfügt. Auch hier zeigt sich die Analogie zur Kunst. Dem Argument der axiomatischen Relevanz, das bei der Rechtfertigung der Wissenschaft nach außen eingesetzt wird, korrespondiert das Argument der wissenschaftlichen Relevanz, wenn es um wissenschaftsinterne Priorisierungen geht.
Als Steuerungs- und Beurteilungsinstanz kommt also nur die wissenschaftliche Gemeinschaft in Frage. Nur ein kompetenter aktiver Wissenschaftler kann entscheiden, welche

[4] I. S. Spiegel-Rösing, *Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftssteuerung*, Athenäum Frankfurt/M. 1973, S. 86ff.

[5] Neben den Argumentationsstrategien, die gegenüber den Finanziers der Wissenschaft eingesetzt werden, gibt es auch solche, die sich auf die Motivation der wissenschaftlichen Manpower beziehen, sich der Wissenschaft zu verschreiben. Hier spielt neben Einkommenserzielung und Prestigegewinn vor allem die subjektive Befriedigung durch erfolgreiches Rätsellösen eine wichtige Rolle. An wissenschafts*historischen* Studien Interessierte werden wohl weitere Argumentationsstrategien hinzuzufügen haben – beispielsweise findet sich bei ISAAC NEWTON oder den Naturphilosophen der Romantik das Motiv „Naturwissenschaft als Gottesdienst": Durch Studium von Gottes Werk dessen Schöpfer zu preisen. Man könnte hier von „religiöser Relevanz" sprechen.

[6] Prominent vertreten wurde diese unter Wissenschaftlern weit verbreitete Position von MICHAEL POLANYI in *The Republic of Science*, Minerva **1** (1962), S. 54 - 73.

Fragestellung als nächstes sinnvollerweise in Angriff genommen werden sollte und welche Resultate durch angemessene Ausführung zustande gekommen sind. Kompetenz wird dabei an Qualifikation und Reputation unter Fachkollegen gemessen. Die Wissenschaftsentwicklung verläuft nach diesem Modell dann optimal, wenn sich Wissenschaft autonom und frei von äußeren Eingriffen entfalten kann.

4.1.2 Technologische Relevanz

Dieser Argumentationsstrang verweist auf das, was von Vertretern der axiomatischen Relevanz ausgeblendet wird: Die Möglichkeit zur Nutzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen für wissenschaftsexterne Zwecke. Denn nur ein recht kleiner Teil des wissenschaftlichen Unterfangens lässt keinerlei Nutzanwendungen möglich erscheinen – Astronomie mag hier das Paradebeispiel sein. Insbesondere die Entwicklung neuer Technologien ist ohne Wissenschaft und Forschung kaum noch denkbar. Folglich lässt sich der Aufwand, der für Wissenschaft getrieben werden muss, mit ihrem externen Nutzen – vorzugsweise der technologischen Relevanz ihrer Ergebnisse – rechtfertigen.[7]
Auf darunter liegenden Ebenen der Rechtfertigung – bei der Ressourcenverteilung zwischen verschiedenen Disziplinen und Forschungsprojekten – wird auch von Vertretern der technologischen Relevanz das Kriterium wissenschaftlicher Qualität und Qualifikation betont. Aber es wird nicht als alleiniges Kriterium akzeptiert, sondern es werden zusätzliche Nachweise des externen Nutzens gefordert. Sei es, dass die Forschungsaufgabe der Entwicklung einer speziellen Technologie förderlich ist; sei es, dass im entsprechenden Fach hochqualifiziertes Humankapital ausgebildet wird, das die Wirtschaft dringend benötigt.
Die Steuerungsinstanz kann nicht allein die wissenschaftliche Gemeinschaft sein. Zumindest bei den klar durch externe Ziele motivierten Forschungsvorhaben müssen Prioritäten und Aufgaben von außen – durch Politik, Industrie, Militär – vorgegeben werden können. Gleichwohl wird eingeräumt, dass die Möglichkeiten zur Fremdsteuerung begrenzt sind: Zum einen macht hohe Forschungsunsicherheit oft Planungen wertlos, zum anderen können Wissenschaftsexterne kaum realistische Forschungsziele formulieren und deren Verfolgung effektiv kontrollieren.

4.1.3 Soziale Relevanz

Die Position der sozialen Relevanz geht von dem zentralen Gedanken aus, dass Wissenschaft im Dienst der Gesellschaft steht. Abgesehen von dieser Kernaussage wird die Position aber nur selten positiv bestimmt, ihre Abgrenzung bleibt unklar.[8] In welchem

[7] In dieser Richtung hat z. B. ALVIN WEINBERG, langjähriger Leiter des Oak Ridge National Laboratory, in *Criteria for Scientific Choice*, Minerva **1** (1963), S. 159 - 171 und *Criteria for Scientific Choice II*, Minerva **3** (1964), S. 3 - 14 argumentiert, um den in Zeiten der *Big Science* massiv gestiegenen Ressourcenbedarf der Wissenschaft gesellschaftlich zu rechtfertigen.

[8] Beispielsweise greift Spiegel-Rösing (1973), S. 100 - 105, bei der Erläuterung der sozialen Relevanz lediglich die Kritik am Wissenschaftsbetrieb auf, wie sie in den 60er und 70er Jahren lautstark artikuliert wurde. Ein guter Teil dieser Kritik speist sich jedoch aus den Positionen der axiomatischen und technologischen Relevanz – es werden lediglich Ausführungsmängel in der Praxis beklagt. Beispielsweise wird die faktische Prioritätensetzung kritisiert, deutlich mehr Geld für Militärforschung als für medizinische Forschung auszugeben. Platt gesprochen geht es darum: Sollen Atombomben für die Militärs oder Heilmittel gegen Krebs für die breite Masse der steuerzahlenden Senioren entwickelt werden? Beide Forschungen sind technologisch motiviert und von bestimmten sozialen Gruppen gewollt.

Verhältnis steht die Position sozialer Relevanz zu den anderen beiden Argumentationsstrategien?

Man kann die Position der axiomatischen Relevanz so paraphrasieren, dass sie die Wissenschaft vom Motiv her als Selbstzweck, ökonomisch als Konsumgut und soziologisch als Elfenbeinturm betrachtet. Vertreter der technologischen Relevanz motivieren Wissenschaft damit, dass ihr Vollzug die nötigen Mittel für Ziele und Zwecke gesellschaftlicher Akteure bereitstellt. Die Mittel sind in der Regel Beiträge zur technologischen Entwicklung, können aber auch im Humankapital bestehen, das im Zuge der HUMBOLDTschen Einheit von Lehre und Forschung an den Universitäten gebildet wird und von dort in andere Gesellschaftsbereiche abwandert. Im Bild der technologischen Relevanz ist die Wissenschaft ein Investitionsgut und damit eine – wenn auch schwer kontrollierbare – Magd ihrer Geldgeber.

Ausgehend von diesem überzeichneten Bild bietet sich folgender eigenständiger Vorschlag zur Explizierung sozialer Relevanz von Wissenschaft an: Die Position der sozialen Relevanz lehnt die Grunddifferenz in der Einordnung als „Selbstzweck“ oder „Mittel für externe Zwecke“ als inadäquat ab. Wissenschaft steht in Wahrheit in einem interdependenten und evolvierenden Zusammenhang mit ihren eigenen Voraussetzungen; sie ist es oft selbst, die erst die Formulierung von Zielen erlaubt.

Wissenschaft ist zum einen das „verlängerte Auge“ des Menschen, ohne das die Welt um ihn herum wesentlich ärmer an Struktur wäre. Ohne Wissenschaft wüssten wir nicht einmal, was wir nicht wissen. Ohne Mikroskope wüssten wir nichts von Bakterien und Viren, und wir wüssten auch nicht, dass sich ohne Mikroskop unseren Augen etwas der Wahrnehmung entzieht. So wie uns das Auge zeigt, in welcher Landschaft wir stehen, so zeigt uns die Wissenschaft unseren Standort auf der Landkarte. Die identifizierbaren weißen Flecken auf der Landkarte markieren die aktuelle Forschungsfront. Ausdrückbares Nichtwissen bezieht sich immer nur auf die Frontlinie, aber nie auf das, was dahinter liegt. Andererseits erlaubt die Landkarte, die von der Wissenschaft gezeichnet wird, nun die Auswahl von Zielen, zu denen man gelangen will. Wissenschaft stellt die Sprache bereit, mit der sich Ziele formulieren lassen. Ohne geographische Kenntnisse kann man nicht sagen, nach Indien reisen zu wollen. Wissenschaft wirkt insofern stets normativ und orientierend, als dass sie sagt, was man wie erreichen kann, denn das *Was* wäre ohne sie gar nicht formulierbar! Darüber hinaus kann Wissenschaft helfen, Zielkonflikte aufzuzeigen, sie vermag aber nicht, in solchen Fällen Entscheidungen zu treffen.

Um die formulierbaren Ziele zu erreichen, sind oft ähnliche Gefährte von Nutzen wie die, mit denen man aufbrach, um die Landkarte zu zeichnen.[9] Denn wissenschaftliche Erkenntnisse werden selten durch reine Kontemplation erlangt, sondern meist durch ein aktives Erkenntnishandeln. Dies gilt vor allem von dem Verfügungswissen, das von experimentell arbeitenden Disziplinen bereitgestellt wird.

Die Erfahrung, auf der die experimentelle Philosophie die Fundamente der Naturerkenntnis errichten will, ist mehr als die bloße Wahrnehmung von Phänomenen, sie impliziert Handlung. Sie ist kontrolliertes und konstruktives Verfahren mit der Natur. Dies wird insbesondere am Experiment deutlich.

[9] Allerdings bedarf es für den Alltagsgebrauch der Gefährte etlicher Umbauten, denn Expeditionsschiffe sind selten bequem. Die Umbauten wiederum erfordern Kenntnisse an anderen Stellen der Wissenslandkarte. Liegen dort noch weiße Flecken, liegt der Wunsch nahe, dorthin eine Expedition zu entsenden. Welche Kunde sie heim bringen wird, ist zwar im Vorhinein nicht in Gänze bekannt, aber oft genug genau genug, um die Reise zu rechtfertigen.

Im Experiment wird die Natur als ein Apparat entworfen. Zunächst wird ein Stück Natur möglichst wirksam gegen die Umwelt isoliert. Dabei ist wesentlich, daß auch die Wechselwirkung mit dem Beobachter so gering wie möglich bleibt. Die Handlungen des Experimentators sind nicht Komponenten seines experimentellen Apparates, sondern kontrollieren lediglich dessen Anfangszustände. Der im Experiment erfaßte Gegenstand wird so vereinfacht und stilisiert, daß er nur eine überschaubare Zahl von Variablen hat. Die Variablen werden teils festgehalten, teils variiert, um funktionale Abhängigkeiten zwischen ihnen festzustellen. Schließlich wird der Apparat mit Meßvorrichtungen versehen, die den Zustand der untersuchten Variablen anzeigen.
Der Gegenstand der Erfahrung und seine möglichen Variationen werden durch das Verfahren der Erfahrung selbst hergestellt. Das Phänomen wird zum Effekt.

Gernot Böhme und Wolfgang van den Daele (1977), *Erfahrung als Programm*, S. 188

Wahrheit impliziert immer auch Machbarkeit, gewiss zumindest bei Verfügungs- und Handlungswissen. Schon bei NIKOLAUS VON KUES (1410-1464) und GIAMBATTISTA VICO (1668-1744) findet sich der Gedanke, dass es Wahrheit nur im Bereich der menschlichen Herrschaft, nur im Bereich des vom Menschen Hervorgebrachten, geben kann.[10] Wird von der wissenschaftlich erwiesenen Machbarkeit in großem Maßstab Gebrauch gemacht, verändert sich die Welt. Die Wissenschaft beginnt, die mit ihren Mitteln veränderte Welt zu betrachten.

Die Wissenschaften werden jetzt beim Gang in die Praxis mit ihrer eigenen objektivierten Vergangenheit und Gegenwart konfrontiert: Mit sich selbst als Produkt und Produzent der Wirklichkeit und Probleme, die sie zu analysieren und zu bewältigen haben. Sie kommen damit nicht mehr nur als Quelle für Problemlösungen, sondern zugleich auch als Quelle für Problemursachen ins Visier. In Praxis und Öffentlichkeit treten den Wissenschaften neben der Bilanz ihrer Siege auch die Bilanz ihrer Niederlagen und damit zunehmend das Spiegelbild ihrer uneingelösten Versprechen entgegen.

Ulrich Beck (1986), *Risikogesellschaft*, S. 255

Die Position der sozialen Relevanz geht von dem zentralen Gedanken aus, dass Wissenschaft im Dienst der Gesellschaft steht. Ihre Aufgaben kann sie jedoch dann am besten erfüllen, wenn sie als funktional differenziertes System teilautonom ihrer Aufgabe nachkommt, Wissen zu produzieren, zu tradieren und zu bewahren.
Strukturwissen bildet einen Wert an sich – hier stimmt die Position der sozialen Relevanz mit der axiomatischen Relevanz überein. Handlungswissen rechtfertigt sich dagegen aus seinem wissenschaftsexternen Nutzen – hierin gibt die Position der sozialen Relevanz den Vertretern der technologischen Relevanz recht. Verfügungswissen beinhaltet sowohl Handlungs- als auch Strukturwissen; entsprechend ambivalent ist seine Rechtfertigung: Je nach Interesse lässt es sich sowohl mit den Argumenten der axiomatischen als auch der technologischen Relevanz rechtfertigen. Ähnlich verhält es sich mit Faktenwissen, dass je nach Verwendungszusammenhang – entweder zum gehaltvollen Auffüllen von Strukturwissen oder als Material für Handlungswissen – axiomatisch oder technologisch relevant sein kann.
Auf den darunter liegenden Ebenen der Rechtfertigung – bei der Ressourcenverteilung zwischen verschiedenen Disziplinen und Forschungsprojekten – müssen Vertreter der sozialen

[10] „Verum et factum convertuntur“ ist der zentrale Satz in Vicos *Scienza nuova*. MEYER-ABICH schreibt zu diesem Prinzip: „Das Verum-factum-Prinzip geht vor Kant zunächst auf Giambattista Vico zurück, der meinte, daß die selbst inszenierten Entwicklungen uns eher verständlich sein müßten als das, was ohne unser Zutun geschieht. Vico hielt deshalb die Geschichte grundsätzlich für verständlicher als die Natur. Der Gedanke ist jedoch wesentlich älter. So heißt es bei Nikolaus von Kues, unser mathematisches Wissen habe eben die Genauigkeit, in der die Gegenstände der Mathematik aus unserem Verstand hervorgehen.“ (Klaus Michael Meyer-Abich, *Praktische Naturphilosophie*, Beck München 1997, S. 190)

Relevanz zwischen den verschiedenen Maßstäben abwägen: Richten sich die Bemühungen vorwiegend auf Strukturwissen, sind die Maßstäbe der axiomatischen Relevanz heranzuziehen; ist dagegen Handlungswissen das Ziel, ist seine technologische Relevanz entscheidend. Bei Verfügungs- und Faktenwissen gilt es, die axiomatisch und technologisch erwartbare Relevanz einzeln und komplementär zu beurteilen. Die Steuerungsinstanz ist je nach vorherrschender Zielorientierung auszuwählen: Bei rein intrinsisch motivierten Untersuchungen ist die wissenschaftliche Gemeinschaft gefragt, bei klar durch externe Ziele motivierten Vorhaben müssen die Verwender Einfluss auf Prioritäten und Aufgabenstellung nehmen können, in Mitteldingen ist eine hybride Lösung zu wählen.

Die hier vorgestellte Position der soziale Relevanz will die Antagonie zwischen axiomatischer und technologischer Relevanz durch eine Synthese überwinden. Sie ist aber nicht die bloße Summe der axiomatischen und der technologischen Relevanz, denn sie erkennt im Unterschied zu den beiden anderen Positionen an, dass Wissenschaft auch orientierend wirkt, indem sie überhaupt erst die präzise Formulierung potentieller Ziele erlaubt. Wissenschaft findet nicht nur Wege und Mittel, sondern auch mögliche Ziele. Sie kann Fremd- oder Selbstzweck, aber auch Zielfinder sein.

4.1.4 Indirekte Relevanz

In der wissenschaftspolitischen Debatte tauchen gelegentlich Argumente auf, die eine Förderung der Wissenschaft mit den indirekt damit verbundenen Effekten begründen. Beispielsweise wurde während der Zeit des Kalten Krieges das Internationale Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA) in Laxenburg (Österreich) hauptsächlich deswegen gegründet, weil die beteiligten Länder – darunter die USA und die Sowjetunion – ein politisches Zeichen des guten Willens zur Zusammenarbeit setzen wollten. Da der Verfasser Argumente dieser Natur nicht guten Gewissens einer der drei etablierten Relevanzpositionen zuschlagen wollte, hat er sich zur Einführung einer neuen Kategorie entschlossen.
Unter den indirekten Argumenten besonders häufig anzutreffen ist der Verweis auf den Prestigegewinn, der dem Finanzier von Forschungsvorhaben zuteil wird. Die paradigmatische Gestalt eines prestigebewussten Finanziers ist der Sponsor. Während (anonyme) Spender meist allein mit der Unterstützung eines guten Zwecks argumentieren – also letztlich schon der Eigenwert der unterstützten Sache die Spende für sie rechtfertigt –, erwartet ein Sponsor als Gegenleistung des Empfängers, dass im Erfolgsfalle Glanz und Gloria mit ihm geteilt werden. Eine solche Haltung ist sowohl bei Regierungen anzutreffen, die hochkarätige Grundlagenforschung um der erhofften Nobelpreise willen und der damit verbundenen internationalen Anerkennung wegen kräftig unterstützen, als auch bei Industrieunternehmen, die in gewissem Umfang quasi akademisch arbeitende Forschungsstäbe beschäftigen, um in der für sie auch technologisch interessanten Wissenschaftlergemeinde sichtbar und anerkannt zu sein.
Die Position der „indirekten Relevanz“ liefert keine Argumente, die Wissenschaft oder spezielle Forschungsprojekte als solche rechtfertigen. Beispielsweise kommt es beim Erlangen eines Prestiges allein darauf an, bei der ins Visier genommenen Zielgruppe gut anzukommen. Teilt die Zielgruppe die axiomatische Relevanz von Wissenschaft, so ist es für den Geber rational, Projekte zu fördern, die von der Zielgruppe als besonders axiomatisch relevant angesehen werden. Schätzt die Zielgruppe hingegen die technologische Relevanz der Forschungsergebnisse, so tut der Sponsor gut daran, Projekte zu unterstützen, die

in der Zielgruppe als technologisch relevant gelten. Das Maß aller Dinge ist in Beurteilungsfragen stets die Meinung der Zielgruppe. Folglich ist die Relevanz für das Prestige als „Argumentation zweiter Ordnung“ mit allen drei zuvor genannten Positionen kompatibel.

4.2 Heutige Herausforderungen

Wir leben in einer verwissenschaftlichten Welt. Die Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse – z. B. als Technik – hat jedoch nicht immer nur die gewünschten, positiven Folgen. Unbedachte Nebenfolgen früherer Entwicklungen bilden die gewaltigen Herausforderungen, vor denen heute alle modernen Gesellschaften stehen. Stellvertretend seien genannt:

- Demographischer Wandel und dessen Auswirkungen auf soziale Sicherungssysteme
- Übergang von der Industrie- zur Wissensgesellschaft
- Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen
- Balance zwischen Leistungsfähigkeit und inter- sowie intragenerationaler Gerechtigkeit

Zwar sind diese Herausforderungen durch Wissenschaft und Technik mit hervorgerufen worden, aber dies ist kein Argument gegen Wissenschaft als solche. Denn ohne Wissenschaft und Technik wären diese Herausforderungen auch nicht erkannt worden, noch wären sie ohne sie zu bewältigen. Aber mit PETER WEINGART wird erlaubt sein zu fragen, ob es denn immer mehr vom selben Wissen sein muss.[11]

Daher soll im Folgenden gefragt werden, welche Art von Wissen wir heute brauchen. Zunächst soll am Beispiel des Klimawandels demonstriert werden, wie es zu einer der großen Herausforderungen kommen konnte. Danach werden die Ursachen verallgemeinert und die resultierenden Anforderungen an zukünftige Wissenschaft formuliert.

4.2.1 Ein Beispiel: Das Klimaproblem

Das Industriezeitalter mit seinen materiellen Segnungen wurde nur möglich, weil der Mensch es verstand, sich neben der eigenen Muskelkraft auch noch andere Energiequellen zu erschließen.[12] Ein wichtiger Schlüssel war dafür die Nutzbarmachung des Feuers, mit dem sich nicht nur das Holz der oberirdischen Wälder, sondern auch die Kohle der „unterirdischen Wälder“ nutzbar machen ließ.[13] Wie jedoch schon die antike Prometheus-Sage wusste, würde für die Beherrschung des Feuers durch den Menschen aber noch ein Preis

[11] In Kocka (1987), S. 165, äußerte sich Weingart wie folgt: „Denn es ist zwar richtig, daß die Probleme, die durch Wissenschaft und Technik erzeugt werden, nur durch mehr und nicht durch weniger Wissen gelöst werden können, aber es ist kaum überzeugend, daß es dabei immer nur mehr vom selben Wissen sein muß.“

[12] Eine interessante Begründung für diesen Zusammenhang liefert Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and The Economic Process*, Harvard University Press 1971.

[13] JOHANN PHILIPP BÜNTING veröffentlichte 1693 im Auftrage Kurbrandenburgs ein Gutachten unter dem Titel *Sylva Subterranea*, in dem er den Übergang von der Holz- zur Kohlenutzung mit dem Hinweis empfahl, dass die Kohle einen „unterirdischen Wald“ darstelle. Heute wissen wir, dass die Kohlevorkommen tatsächlich ihren Ursprung in urzeitlichen Wäldern haben, die allerdings nicht nachwachsen, wie BÜNTING vermutete. Vgl. Rolf Peter Sieferle, *Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution*, Beck München 1982, S. 11 und S. 240.

zu zahlen sein. Ein wichtiger Meilenstein für die Kohlenutzung war die Erfindung der Dampfmaschine, insbesondere in der verbesserten Konstruktionsweise von JAMES WATT (1736 - 1819), die einen höheren Wirkungsgrad als die Vorgängermodelle aufwies.[14] Dadurch konnte ein sich selbst verstärkender Nutzungskreislauf in Gang gesetzt werden: Die Wasserhaltung in den Kohlegruben wurde durch den Einsatz von dampfbetriebenen Pumpen vereinfacht, dadurch konnten die Gruben tiefer abgeteuft werden, wodurch wiederum mehr Kohle gefördert werden konnte, was wiederum den Einsatz von Dampfmaschinen auch in Fabriken möglich machte, deren Kohle mittels „Dampfmaschinen auf Rädern“ (Dampflokomotiven) angeliefert wurde. Mit der Erfindung und Verbreitung der elektrischen Energieversorgung wurde es im 20. Jahrhundert möglich, den Ort der Kohleverbrennung und der Energiennutzung räumlich zu trennen.

Nun war es keineswegs so, dass die Kohlenutzung – zu der später noch Erdöl und Erdgas als andere fossile Energiequellen hinzukamen – als unproblematisch angesehen wurde. Thematisiert wurde schon früh die Erschöpfbarkeit der Vorkommen, so beispielsweise von W. S. JEVONS in seinem Buch *The Coal Question* von 1865. In Großbritannien wurde im Laufe der Jahrhunderte mehrfach über die Erschöpfbarkeit der heimischen Kohlereserven debattiert und der Schutz durch ein Exportverbot erwogen.[15] Auch die mit der Verbrennung einhergehende Belastung mit Luftschadstoffen war angesichts der rauchgeschwängerten Luft in den Industriestädten evident. Die zur lokalen Entlastung betriebene „Politik der hohen Schornsteine“ verlagerte die Schäden nur in die Ferne, was die Skandinavier in der Mitte des 20. Jahrhunderts zu spüren begannen. In Deutschland brach eine öffentliche Diskussion über das Waldsterben erst in den 80ern aus, dafür aber umso heftiger.

Die Erschöpfbarkeit der ausgebeuteten Vorkommen und die Schadenswirkungen der Rauchgase sind beides Fragen, die auf der Hand liegen. Weniger evident ist die Frage, was eigentlich mit dem Hauptprodukt der Verbrennung passiert, dem unsichtbaren und prima facie ungefährlichen CO_2. Wenn man sich diese Frage überhaupt stellte, dann gaben die Laien wie die Gelehrten meist die Antwort, die der Chemiker und Ingenieur CLEMENS WINKLER[16] (1838 - 1904) in die Worte fasste:

> Die Massen verbrauchter Steinkohle verschwinden spurlos in dem gewaltigen Luftmeer.
>
> Zitiert nach Luhmann (2001), *Die Blindheit der Gesellschaft*, S. 164

Andererseits gab es bereits zu Winklers Lebzeiten Hinweise darauf, dass Kohlendioxid in der Atmosphäre nicht gänzlich wirkungslos ist. JEAN BAPTISTE FOURIER wird zu-

[14] JAMES WATT war Universitätsmechanikus an der Universität Glasgow. Als er dort ein Modell einer Newcomen-Dampfmaschine reparierte, fand er heraus, warum diese so viel Brennstoff verbrauchte und entwickelte neue konstruktive Lösungen, die er ab 1769 patentieren ließ und später gemeinsam seinem Partner MATTHEW BOULTON vermarktete. Obwohl erst SADI CARNOT 1824 eine Theorie der Wärmekraftmaschinen entwickelte, waren auch schon in die Wattsche und die Newcomensche Dampfmaschine wissenschaftliche Erkenntnisse eingeflossen. THOMAS NEWCOMEN (1663 - 1729), der 1712 die erste wirklich funktionsfähige Dampfmaschine der Welt in Betrieb genommen hatte, machte sich mit seiner Konstruktion das Wissen um den atmosphärischen Luftdruck zu Nutze, der seit den Experimenten von EVANGELISTA TORRICELLI (1608 - 1647) und OTTO VON GUERICKE (1602 - 1686) bekannt war. Die Geschichte der Dampfmaschine lässt sich nachlesen im Band III *Mechanisierung und Maschinisierung 1600-1840* des Lexikons *Technikgeschichte*, Propyläen Berlin 1990-92.

[15] Vgl. Sieferle (1982), S. 242ff.

[16] CLEMENS WINKLER war ein angesehener Professor an der Freiberger Bergakademie, dem u. a. 1885 die Entdeckung des chemischen Elements Germanium gelang.

geschrieben, um 1825 als Erster das Geschehen in der Erdatmoshäre in Verbindung mit einem Glashaus gebracht zu haben. JOHN TYNDALL berichtete 1859 der *Royal Society* über seine Messungen der Absorptionseigenschaften der Atmosphärenbestandteile, dass die Hauptbestandteile der Luft – Sauerstoff und Stickstoff – die langwellige Wärmestrahlung nahezu ungehindert hindurch lassen, während dagegen Spurengase solche Strahlung zurückhalten. SVANTE ARRHENIUS kompilierte die ihm bekannten Ergebnisse dann 1896 zu der Hypothese, dass zwischen Kohlendioxid-Gehalt und Erdtemperatur ein exponentieller Zusammenhang bestehe. 1906 formulierte er dann in seinem populären Buch *Das Werden der Welten* prägnant, dass die Halbierung des CO_2-Gehalts zur Verminderung der Erdtemperatur um 4 °C führe.[17] ARRHENIUS formulierte den Zusammenhang in dieser Weise, weil es ihm um die Erklärung der Eiszeiten als historische Fakten ging. Der Ausgangspunkt von ARRHENIUS und auch der anderen Forscher war nicht die Antizipation möglicher Rückwirkungen der Kohleverbrennung auf die menschlichen Handlungsvoraussetzungen, sondern die Erklärung historischer bzw. experimentell aufweisbarer Fakten.[18] ARRHENIUS erwähnt im *Werden der Welten* in einer Fußnote (!) die exponentielle Zunahme der Kohleverbrennung und der damit einhergehenden CO_2-Emmissionen. Bedeutende Forschungsanstrengungen, was dies für das Erdklima und die menschliche Zivilisation bedeuten könnte, resultierten daraus nicht. So lange man sich mit der Annahme, die Konzentration von CO_2 ändere sich angesichts der unendlichen Weite des Luftmeeres nicht, beruhigen konnte, machte man sich über die Wirkungen des zusätzlich in die Luft geblasenen Kohlendioxids keine Gedanken.[19] Überprüft und als falsch erwiesen wurde diese Annahme erst, nachdem 1958 die Messungen der Luftzusammensetzung im Mauna-Loa-Observatorium auf Hawaii begannen. Abbildung 4.1 zeigt den Verlauf der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre.[20] Zu erkennen ist ein regelmäßiger Rhythmus, der auf die jahreszeitliche Schwankung der Photosyntheseleistung der Pflanzen zurückgeht, sowie eine steigende Grundtendenz, die auf die anthropogen verursachten CO_2-Emissionen zurückzuführen ist.

Nach dem 2. Weltkrieg begann die Klimaforschung, auf der Basis von nun reichlicher zur Verfügung stehenden Beobachtungsdaten und physiko-chemischen Modellüberlegungen das komplexe Zusammenspiel zwischen Ozeanen, Atmosphäre und Biosphäre allmählich aufzuklären. Dabei zeigte sich, dass nicht nur die Kohlendioxid-Emissionen klimawirksam sind, sondern auch andere Spurengase wie Methan und Distickoxid, die u. a. durch Viehzucht, Reisanbau und Einsatz von Kunstdünger freigesetzt werden. Als hilfreich erwies sich der Einsatz von Großrechnern, mit denen sich Klima-Modelle simulieren lassen. Diese Simulationsmodelle ließen unmittelbar die Bandbreite möglicher Auswirkungen sichtbar werden, wenn man Parameter wie die anthropogen verursachten Emissionen variiert. Aus der beobachteten Trendentwicklung der atmosphärischen Konzentration wichtiger Treibhausgase ließ sich hochrechnen, wie sich die mittlere Erdtemperatur entwickeln würde und welche Auswirkungen dies auf die Höhe des Meeresspiegels hätte.

[17] Vgl. Svante Arrhenius, *Das Werden der Welten*, 2. Auflage, Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig 1912, S. 64 (Original: *Väldarnas utveckling*, Gebers Stockholm 1906).

[18] Die Geschichte der Wahrnehmung des Klimawandels ist dargestellt bei James R. Fleming, *Historical Perspectives on Climate Change*, Oxford University Press 1998.

[19] Ausführlich beschrieben hat dies Hans-Jochen Luhmann, *Die Blindheit der Gesellschaft*, Gerling Akademie Verlag München 2001, im Kapitel 8 *Das Klimasystem: Experiment mit der Lebensgrundlage oder Auf der Suche nach der verlorenen Erinnerung an das Erschrecken über sich selbst.*

[20] Daten von C. D. Keeling und T. P. Whorf: ftp://cdiac.esd.ornl.gov/pub/maunaloa-co2/maunaloa.co2.

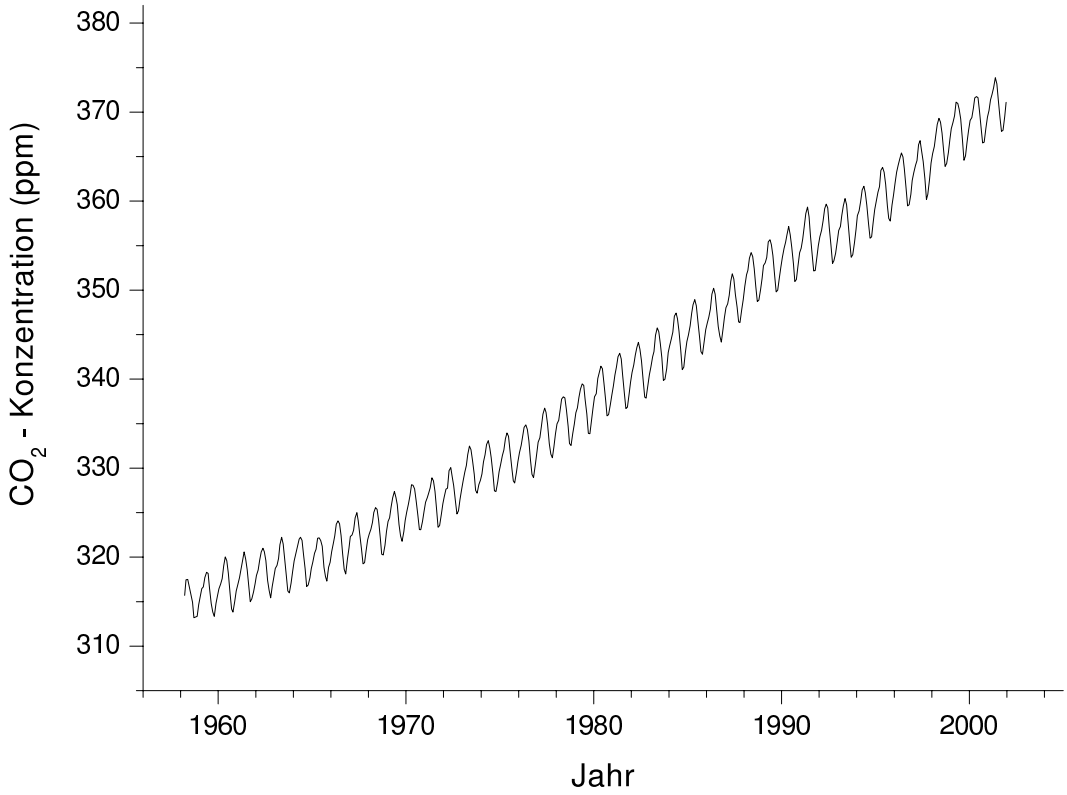

Abb. 4.1: Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre

1979 richteten die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und das United Nations Environment Program (UNEP) die erste Weltklimakonferenz in Genf aus. In der Folge wurden internationale Klimaforschungsprogramme (z. B. das *World Climate Research Program* und das *Global Atmospheric Research Program*) gestartet, um die bestehenden Forschungslücken zu schließen. In Deutschland wurde 1975 das Hamburger MPI für Meteorologie gegründet, 1988 kam das Deutsche Klima-Rechenzentrum (DKRZ), auch in Hamburg angesiedelt, dazu. Die naturwissenschaftliche Klimaforschung konnte zwar auf mögliche Veränderungen physiko-chemischer Parameter wie Meeresspiegel und Erdmitteltemperatur aufmerksam machen, aber nicht in ihrem Zuständigkeitsbereich lag die Frage, welche Reaktionsstrategien – Minderung der Emissionen, Anpassung an unvermeidliche Veränderungen etc. – man daraufhin entwickeln könnte. Für diese Fragestellungen wurden die Klima*folgen*forschung und die sozialwissenschaftliche *Global-Change*-Forschung in den 90er Jahren etabliert. In Deutschland sind hier vor allem das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie zu nennen. Hier arbeiten Ökonomen, Juristen, Soziologen, Ingenieure und Naturwissenschaftler zusammen.

Die starke Ausweitung der Klimaforschung ist darauf zurückzuführen, dass die Möglichkeit eines Klimawandels seit den 80er Jahren eine hohe Aufmerksamkeit in Politik und Massenmedien genießt.[21] Wie kam es dazu?

[21] Durch Verstärkung der Forschungsförderung versucht die Politik, die nach wie vor bestehenden Unsicherheiten auszuräumen, die Warnungen glaubwürdiger zu machen, Legitimität und Entscheidungssicherheit zu gewinnen. Das Risiko, unangemessen zu handeln, wird dadurch von der Politik weiter in der Schwebe gehalten.

Die Politisierung des Themas begann mit der Konferenz 1985 in Villach, auf der die anwesenden Forscher keinen Zweifel an der Möglichkeit einer deutlichen Erhöhung der Erdmitteltemperatur innerhalb der nächsten 100 Jahre ließen.[22] 1988 gründeten WMO und UNEP das *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) – ein Gremium von hochrangigen Wissenschaftlern, dass sich der internationalen Politikberatung verschrieb. Besondere Wirkung entfaltete in Deutschland die Warnung vor der Klimakatastrophe, die der Arbeitskreis Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 1986 veröffentlichte. Zu dieser Zeit griffen auch die Massenmedien das Thema in der ihnen eigenen Weise auf – z. B. ließ DER SPIEGEL auf dem Titelbild des Hefts 33/1986 den Kölner Dom in den Fluten versinken. Der Deutsche Bundestag richtete am 27. 11. 1987 die Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ ein, deren Berichte großen Einfluss auf die politische Debatte bekommen sollten. Politiker und Wissenschaftler meldeten sich gemeinsam in der Öffentlichkeit zu Wort, beispielsweise veröffentlichten der Bundestagsabgeordnete Michael Müller und das Mitglied der Klima-Enquete Prof. Dr. Peter Hennicke ein gemeinsames Buch zur Klimakatastrophe.[23] Deutschland erlegte sich die Selbstverpflichtung auf, den Ausstoß von Treibhausgasen um 25% bis 2005 zu senken. Nach der Rio-Konferenz 1992 setzte die internationale Klima-Diplomatie ein. Nach zähem Ringen wurde 2001 das Kyoto-Protokoll mit der erforderlichen Mehrheit der Unterzeichnerstaaten beschlossen, das eine weltweite Senkung der Treibhausgas-Emissionen vorsieht.[24]

Was bleibt als Fazit festzuhalten?

1. Ohne wissenschaftliche Forschung hätte der Mensch die von ihm schleichend verursachten Klimaänderungen nicht bemerkt – wenngleich es ohne wissenschaftsgestützte Technik auch nie dazu gekommen wäre.

2. Der anthropogen verursachte Klimawandel hätte deutlich früher stärkere wissenschaftliche und auch öffentliche Beachtung erfahren können, denn die entscheidenden Ideen sind schon lange bekannt. Doch die Wissenschaft hat die richtigen Fragen nicht im dafür nötigen Umfang angepackt.[25] Auffallend ist, dass die nicht unmittelbar sichtbaren Rückwirkungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts erst spät thematisiert wurden.

3. Kein isolierter Zweig der Wissenschaft ist in der Lage, Auswege aus der entstandenen Situation aufzuzeigen. Hierfür muss Wissen aus den unterschiedlichsten Bereichen zusammengeführt werden.

[22] Das die Diskussion sich vorrangig um den Anstieg der Erdmitteltemperatur drehte, hing damit zusammen, dass dies der einzige Parameter war, für den hinreichend lange Beobachtungszeitreihen vorlagen.

[23] Michael Müller und Peter Hennicke, *Die Klimakatastrophe*, Dietz Bonn 1989.

[24] Eine detaillierte Analyse des deutschen Klimadiskurses in Wissenschaft, Politik und Massenmedien zwischen 1975 und 1995 haben vorgenommen Peter Weingart, Anita Engels und Petra Pansegrau, *Von der Hypothese zur Katastrophe. Der anthropogene Klimawandel im Diskurs zwischen Wissenschaft, Politik und Massenmedien*, Leske + Budrich Opladen 2002.

[25] Nun kann man natürlich den Gegeneinwand bringen, die zur Bearbeitung der Fragen nötigen Forschungswerkzeuge, insbesondere Großrechner für die Klimasimulationen, hätten früher gar nicht zur Verfügung gestanden. Dies stimmt zwar im konkreten Fall, aber für die Zukunft wird gelten, dass in ähnlichen Fällen meist die nötigen Hilfsmittel im Prinzip bereitstünden. Deshalb bleibt die Aufgabe, der sich die vorliegende Arbeit widmet, bestehen, dem Verdacht zu folgen, dass Wissenschaft und Forschung bisher nicht optimal organisiert sind, um auf selbstgemachte Gefährdungen aufmerksam zu werden und zu reagieren.

4.2.2 Ursachen der Herausforderungen

Wie konnte es zu solchen Herausforderungen wie dem Klimawandel kommen? Denker wie der Philosoph GEORG PICHT (1913 - 1982) haben den Verdacht geäußert, die Krise der wissenschaftlich-technischen Zivilisation habe ihre tiefste Wurzel in dem Bild, das im Abendland über die Stellung des Menschen im Weltganzen entworfen wurde. Dieses Bild spiegele sich auch in der Organisation der Wissenschaft und setzt sich über die Technik in die Lebenswelt fort.[26]

Was ist gemeint? Die kulturellen Wurzeln des Abendlandes liegen im Christentum und in der Antike. Aus der biblischen Überlieferung stammt die Vorstellung der gottesebenbildlichen Herrschaft des Menschen über die Natur,[27] aus der griechischen Philosophie die Idee der Erkennbarkeit ewiger Strukturen in der Welt.[28] Die Rückbesinnung zu Beginn der Neuzeit auf die Leistungen der Antike und die Reformation des Christentums haben dazu geführt, Hervorbringen und Erkennen zu verbinden. Der Mensch als handelndes und erkennendes Subjekt wurde der Natur als beherrschtes und erkanntes Objekt radikal entgegengestellt.

Diese beiden Momente haben sich besonders der modernen Naturwissenschaft eingeprägt, die manchmal als das Bacon-Descartes-Projekt bezeichnet wird. RENÉ DESCARTES (1596 - 1650), der mit seiner Lehre von res cogitans und res extensa die Spaltung zwischen dem erkennenden Subjekt – dem menschlichen Geist – und dem erkannten Objekt – der räumlich ausgedehnten Natur – metaphysisch fundierte, hat das rational-theoretische Element eingebracht, indem er wie GALILEO GALILEI (1564 - 1642) behauptete, das Buch der Natur sei in der Sprache der Mathematik geschrieben. FRANCIS BACON (1561 - 1626), der Wissen mit Macht gleichsetzte und damit unterstellte, dass nur, was machbar ist, auch wahr sein könne, hat die empirisch-experimentelle Seite betont und stets die praktisch-technische Nützlichkeit im Blick gehabt.

Beide Momente zusammen haben dazu geführt, analytisches Vorgehen gegenüber ganzheitlichen Betrachtungen zu vernachlässigen und den Blick auf das Ewige Sein – in Gestalt von Fakten und mathematischen Naturgesetzen – statt auf das zeitliche Werden und Vergehen zu richten. Die Rückwirkungen des menschlichen Tuns auf die eigenen Handlungsbedingungen kamen so nicht in den Blick. Mit verspäteter Rache der Natur wurde nicht ernsthaft gerechnet. Aufgrund ihrer Desintegration war die Wissenschaft nicht einmal in der Lage, ihren eigenen blinden Fleck zu erkennen. PICHT[29] diagnostizierte 1967 daher: „Die Desintegration der Wissenschaft produziert die entsprechende Desintegration der von der Wissenschaft beherrschten Welt. Die Rationalität der technischen Welt ist eine desintegrierte, sie ist also eine vernunftlose Rationalität, und die Vernunftlosigkeit der technischen Welt ist bisher das Schicksal der Menschen in dieser Welt.“

Kritik am Erkenntnismodell der modernen Wissenschaften und den dahinterliegenden, impliziten Vorstellungen hat es immer gegeben, wie GOETHES Sorge über NEWTONS analytische Wissenschaft beweist. Doch die Kritik verblieb zumeist innerhalb des vor-

[26] Picht hat diesen Gedanken in seinen erst postum erschienenen Vorlesungen ausgeführt, am deutlichsten in *Der Begriff der Natur und seine Geschichte*, Klett-Cotta Stuttgart 1989.

[27] Genesis I.27-28: „Gott schuf den Menschen ihm zum Bilde [...] und sprach zu ihnen: 'Seid fruchtbar und mehret euch, und füllet die Erde, und macht sie euch untertan, und herrscht über Fische im Meer und über Vögel unter dem Himmel und über alles Tier, das auf Erden kreucht.'“

[28] Dieser Gedanke findet sich besonders in den PLATONischen Dialogen *Politeia* und *Timaios*.

[29] Georg Picht, *Utopie – Prognose – Planung*, Klett Stuttgart 1967, S. 32.

gegebenen Denkgebäudes und entzündete sich an esoterischen Fragestellungen wie dem Leib-Seele-Problem, die sich einer Lösung innerhalb des Denkrahmens hartnäckig entzogen, was dazu führte, dass der Logische Empirismus am Anfang des 20. Jahrhunderts sogar die Legitimität dieser unlösbaren Fragestellungen in Abrede stellte. PICHT hat Naturwissenschaft daher als angewandte Metaphysik charakterisiert, die ihre eigenen Grundlagen verleugnet.[30]

Die lebensweltlichen Auswirkungen von Wissenschaft und Technik wurden dagegen, einem allgemeinen Fortschrittsglauben folgend, meist positiv gesehen. Erst als in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts offenkundig wurde, dass die wissenschaftlich-technische Zivilisation ihre eigenen Wirkungen und Wirkungsbedingungen systematisch ausgeblendet hat, wuchs die Wissenschaftskritik so weit an, dass die Gültigkeit ihrer Ergebnisse in Zweifel gezogen wurden und manche sogar Wissenschaft als überflüssig und gefährlich bekämpften.[31]

Das aber schießt gewiss über das Ziel hinaus. Denn wie eingangs festgestellt wurde, werden wir ohne Wissenschaft die Herausforderungen nicht meistern. Aber die erkannten Defizite sollte man in Zukunft versuchen zu umgehen. Wissenschaft muss sich als Koevolutionswissenschaft neu erfinden, denn sie ist zum treibenden koevolutiven Faktor in der Entwicklung von Gesellschaft und Natur geworden, wie schon im Kapitel 1 beschrieben. An dieser Stelle soll daher nicht versucht werden, die Stellung des Menschen in der Welt besser zu bestimmen, sondern nur pragmatisch betrachtet werden, welche Art von Wissen die Wissenschaft künftig bereitstellen muss.

4.2.3 Anforderungen an zukünftige Wissenschaft

Die Existenz von Herausforderungen wie etwa dem globalen oder dem demographischen Wandel ist heute ein Gemeinplatz. Gleichfalls weit verbreitet ist die Auffassung, dass weitere wissenschaftliche Anstrengungen nötig sind, um sie adäquat zu erfassen und zu bewältigen. Wir sehen uns also einem gewaltigen Wissensbedarf gegenüber, um diese Herausforderungen meistern zu können. Der Wissensbedarf hat folgende Komponenten:

1. Mögliche Probleme müssen antizipiert werden, bevor sie uns auf den Nägeln zu brennen beginnen. Dafür ist es insbesondere wichtig, die Rückwirkungen technisch-ökonomischen Handelns auf die eigenen Handlungsvoraussetzungen systematisch ins Kalkül zu ziehen.

2. Im Unterschied zu vielen früheren wissenschaftlichen Problemen stellen die Herausforderungen komplexe Aufgaben dar, die nicht von einer einzelnen Fachwissenschaft analysiert werden können. Denn Einzelwissenschaften sind im Allgemeinen nicht um gesellschaftliche Sachprobleme herum organisiert, sondern um Forschungsmethoden

[30] „Die Wissenschaft des 19. und 20. Jahrhunderts ist zum größten Teil angewandte Metaphysik; sie ist dies besonders, wo sie von positivistischen Methoden bestimmt wird; und diese Feststellung wird nicht dadurch tangiert, daß diese selbe Wissenschaft davon überzeugt ist, die Metaphysik hinter sich gelassen zu haben, und daß nur ein minimaler Bruchteil der Wissenschaftler noch eine Ahnung davon besitzt, was das Wort 'Metaphysik' eigentlich bedeutet.“ (Georg Picht, *Geschichte und Gegenwart*, Klett-Cotta Stuttgart 1993, S. 40)

[31] Noch einmal Picht (1989), S. 11: „Eine Wissenschaft, die die Natur zerstört, kann keine wahre Erkenntnis der Natur sein.“ Um Missverständnissen vorzubeugen, muss fairerweise gesagt werden, dass GEORG PICHT nicht zu jenen „Maschinenstürmern“ gehörte, die die Wissenschaft wegen ihrer Nebenwirkungen bekämpften.

und theoretische Gegenstände. Sie liefern fragmentiertes Spezialwissen, das nicht primär nützlich ist.

3. Gebraucht wird daher neben profunder Sachkenntnis in den Spezialgebieten ein Zusammenführen von Wissen aus verschiedenen Bereichen, um integrierte Lösungswege handlungswirksam aufzeigen zu können.

Die Überlegungen zur Ursache der heutigen Herausforderungen zeigten, dass bei der Anwendung wissenschaftlicher Resultate bisher die Rückwirkung auf die eigenen Handlungsbedingungen systematisch ausgeblendet wurde. Den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen konnte dies nicht auffallen, weil sie fragmentiertes Spezialwissen produzieren, dem der Zusammenhang im Ganzen fehlt. Sie konnten ihren eigenen blinden Fleck nicht wahrnehmen, weil die Wirkung ihrer Erkenntnisse und darauf beruhender Handlungen auf den als gegeben angenommenen „Datenkranz“ ihres Fachs nicht zu ihrem Untersuchungsgegenstand gehört.[32]

Entsprechend lassen sich die Herausforderungen, vor denen die modernen Gesellschaften heute stehen, nicht allein mit dem desintegrierten Wissen von Spezialfächern lösen. Für jedes Problem ein eigenes neues Fach einzurichten, wäre daher keine geeignete Strategie. Seit Jahrzehnten wird deshalb der Ruf nach inter- oder transdisziplinärer Zusammenarbeit laut, weil „uns die Probleme nicht den Gefallen tun, sich selbst disziplinär oder gar fachlich zu definieren“.[33] Die zahllosen Sonntagsredner, die Forderungen nach mehr problemadäquater Forschung erheben, fragen jedoch selten danach, ob überhaupt die notwendigen Voraussetzungen innerhalb der bestehenden Wissenschaftsorganisation gegeben sind.

Wie im Abschnitt 2.5 dargelegt wurde, hat die Differenzierung der Wissenschaft in Fächer und Disziplinen gute Gründe. Die stetig gewachsene Zersplitterung in Spezialfächer erlaubt den Umgang mit der sichtbar gewordenen Komplexität des Wissens durch eine entsprechend gewachsene Binnenkomplexität der Wissen(schaft)sorganisation. Aufgrund der etablierten Belohnungsmuster ist die fortgesetzte Spezialisierung auch für den einzelnen Wissenschaftler rational. Allein aufgrund eines laut geäußerten Wunsches nach Interdisziplinarität wird daher keine solche entstehen.

Es ist ja nicht so, dass das Wissen der Spezialfächer überflüssig wäre, ganz im Gegenteil. Aber, um mit GOETHE zu sprechen, hält man die Teile in der Hand, fehlt es noch am geistigen Band. Sollen wissenschaftliche Erkenntnisse zur Lösung der komplexen Herausforderungen, vor denen die heutigen Gesellschaften stehen, herangezogen werden, so wird zum einen das spezielle Detail- und Methodenwissen der Spezialgebiete benötigt,

[32] So forderte WALTER EUCKEN (1891-1950), auf den die Rede vom Datenkranz zurückgeht, in seiner Grundlegung der Nationalökonomie explizit: „Gesamtwirtschaftliche Daten sind diejenigen Tatsachen, die den ökonomischen Kosmos bestimmen, ohne selbst unmittelbar von ökonomischen Tatsachen bestimmt zu sein. An den faktischen gesamtwirtschaftlichen Daten endigt die theoretische Erklärung. Aufgabe der Theorie ist es, die notwendigen Zusammenhänge bis zum Datenkranz zu verfolgen und umgekehrt zu zeigen, wie von den einzelnen Daten das wirtschaftliche Geschehen abhängt. Aber die ökonomische Theorie ist nicht fähig, ihr Zustandekommen zu erklären. [...] Der Satz, daß die ökonomische Theorie an den Daten haltzumachen hat, gilt auch für die Fälle, in denen zwei oder mehr Daten gestaltend aufeinander einwirken.“ (Walter Eucken, *Die Grundlagen der Nationalökonomie*, 5. Auflage, Küpper Godesberg 1947, S. 243f.) Wenn man in dieser Weise Wirtschaftswissenschaft betreibt, dann kann einem in der Tat nicht auffallen, welche Auswirkungen das deutsche Rentenfinanzierungsmodell auf die Neigung zum Kinderkriegen hat, weil letztere als feste exogene Größe angenommen wird.

[33] Jürgen Mittelstraß, *Die Häuser des Wissens*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1998, S. 42.

zum anderen aber auch deren Zusammenführung. Diese Synthese aus den Ergebnissen der Teildisziplinen bei Wahrung von deren Identität verlangt nach einem Management des wissenschaftlichen Wissens, das nicht im Rahmen der aus guten Gründen disziplinär organisierten Wissenschaft geleistet werden kann. Es bedarf einer intermediären Struktur zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit, die die Rolle eines Wissensmanagers übernimmt. Ihre Aufgaben lassen sich mit den Bausteinen eines jeden Wissensmanagements beschreiben:

- Aufnahme von Erkenntnissen über besorgniserregende Entwicklungen aus den Spezialfächern und Formulierung von Wissenszielen aufgrund des erkannten langfristigen Wissensbedarfs,
- Identifizierung des bereits vorhandenen, relevanten Wissens und dessen Trägern,
- Lenkung von Forschungsvorhaben auf die bemerkten Wissenslücken,
- Erwerb von Wissen, um Lösungswege für Probleme zu entwerfen,
- Verteilen des Wissen an die relevanten gesellschaftlichen Akteure,
- Bewahrung und Bewertung des problemrelevanten Wissens.

Diese Aufgaben sollen die im Folgenden präsentierten Überlegungen leiten, die sich den einzelnen Bausteinen eines jeden Wissensmanagements am Beispiel des deutschen Wissenschaftssystems widmen. Um jedoch am Ende nicht zu Schlussfolgerungen zu gelangen, die nur aus einem verengten Blickwinkel herrühren, wird zu jedem Baustein zunächst kurz der Stand der betrieblichen Wissensmanagement-Debatte referiert und danach geschaut, welche Elemente sich in der etablierten Wissenschaftspraxis finden. Erst zusammenfassend wird dann gefragt, welche Elemente für die hier in Rede stehenden Aufgaben benötigt werden. Im Kapitel 8 wird als Ausblick eine vielleicht utopisch anmutende Vision präsentiert, wie die Aufgaben eines solchen „Managers des wissenschaftlichen Wissens“ praktisch realisiert werden könnten.

4.3 Wissensziele

> Wissensziele geben den Aktivitäten des Wissensmanagements eine Richtung. Sie legen fest, auf welchen Ebenen welche Fähigkeiten aufgebaut werden sollen. Normative Wissensziele richten sich dabei auf die Schaffung einer ‚wissensbewußten‘ Unternehmenskultur, die das (Ver-)teilen und die Weiterentwicklung von individuellem Wissen zu unternehmensweit verfügbarem Wissen unterstützt. Die Formulierung dieser Wissensziele stellt gleichsam eine Wissensmanagementvision dar, die Voraussetzung für ein effektives Wissensmanagement ist.
>
> Strategische Wissensziele definieren organisationales ‚Kernwissen‘ und beschreiben somit den zukünftigen Kompetenzbedarf eines Unternehmens. Sie legen ein anzustrebendes Kompetenzportfolio für die Zukunft fest. [...]
>
> Die Ableitung von operativen Wissenszielen sichert die notwendige Konkretisierung der normativen und strategischen Zielvorgaben und sorgt für die konkrete Umsetzung des Wissensmanagements. Typische operative Wissensziele sind beispielsweise die Gewährleistung der Verfügbarkeit aller relevanten Berichte der Organisation auf einem Intranet oder die Festlegung eines Englischniveaus, das von allen Mitarbeitern erreicht werden soll.
>
> H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto (1998), *Wissensmanagement*, S. 25

Betriebliches Wissensmanagement beginnt mit der Festlegung von Wissenszielen. Dabei wird zwischen normativen, strategischen und operativen Wissenszielen unterschieden. An

dieser Stelle soll versucht werden, diesen Ansatz auf ein nationales Wissenschaftssystem zu übertragen.

4.3.1 Normative Wissensziele

Aus den Überlegungen im Modellkapitel ergeben sich allgemeine normative Wissensziele, über die weitgehend Konsens herrscht. Je nachdem, welche Position man hinsichtlich der Relevanz von Wissenschaft vertritt, liegt es nahe, das eine oder andere weitere normative Wissensziel zu akzeptieren. Aus der Position der indirekten Relevanz lassen sich allerdings überhaupt keine inhaltlichen Wissensziele ableiten, deshalb bleibt sie außer Betracht. Unsere Fragestellung, wie Wissenschaft zur Bewältigung der großen Herausforderungen unserer Tage beitragen kann, ist allein mit der Position der sozialen Relevanz verträglich, die deshalb im Weiteren eingenommen werden soll.

Generelle Wissensziele Wissenschaft dient der Bewahrung, Weitergabe und Produktion von öffentlichem kodifizierten Wissen. Wissenschaftlich geprüftes Wissen muss bestimmten Kriterien wie Kohärenz, Konsistenz, Intersubjektivität und Detailreichtum genügen, die im Abschnitt 2.1.1 ausführlicher besprochen wurden.

Axiomatische Relevanz In dieser Perspektive wäre das einzig legitime Wissensziel, all das Wissen bereitzustellen, nach dem die menschliche Neugier verlangt. Alle anderen Zielsetzungen, die die Möglichkeit außerwissenschaftlicher Anwendung von Wissen berücksichtigen, sind mit dieser Perspektive unversöhnlich.
Wer die Position der axiomatischen Relevanz in aller Strenge vertritt, der kann die Wissenschaft nicht dazu heranziehen, bei der Lösung der Probleme mitzuwirken, die sie selbst mit hervorgerufen hat. Daher scheidet diese Position für die hier verfolgte Fragestellung aus.

Technologische Relevanz Aus der Perspektive der technologischen Relevanz liegen normative Wissensziele nahe, die auf den wissenschaftsexternen Nutzen des Outputs von Wissenschaft abheben. Darunter zählen gängige Forderungen wie etwa die, dass die Wissenschaft durch technologisch verwertbares Wissen einen Beitrag zur Sicherung der nationalen Wettbewerbsfähigkeit leisten solle. Zielvorstellungen dieser Art liegen aber naturgemäß mit der allgemeinen Norm im Konflikt, dass wissenschaftliches Wissen öffentlich zugänglich sein sollte. Öffentliches Wissen kommt nicht nur dem Urheber(land) zu Gute, sondern steht jedermann zur Anwendung frei. Resultate von Forschungen, die allein durch ihre technologische Relevanz motiviert wurden, sind folgerichtig oft nicht öffentlich zugänglich.[34]
Abgesehen von diesem Normenkonflikt entgeht Vertretern der technologischen Relevanz die Pointe, dass sie die Wissenschaft unter Nutzensziele stellen, deren Formulierung erst durch vorgängige freie Wissenschaft möglich geworden ist. Eine rein instrumentelle Festlegung von Wissenszielen beraubt sich der Möglichkeit, der Wissenschaft die Entdeckung

[34] Um dem Zielkonflikt zu entgehen, heben Vertreter der technologischen Relevanz gelegentlich auf das Nebenprodukt „Manpower“ statt auf das Hauptprodukt „Wissen“ ab. Die normativen Wissensziele beziehen sich dann nicht auf das öffentliche Wissen, sondern auf die ausgebildete Manpower. Diese Ausweichargumentation hat aber nur so lange eine reale Basis, wie qualifiziertes Humankapital nur in geringem Maße über Ländergrenzen hinweg ortsmobil ist.

neuer (potentieller) Ziele zu erlauben. Wenn die Wissenschaft dabei helfen soll, von ihr mitverursachte Probleme zu erkennen und zu bewältigen, dann muss es auch ihr Auftrag sein können, nach neuen Bedrohungen Ausschau zu halten, die heute noch unbekannt sind und deren Abwehr sich daher nicht als instrumentelles Wissensziel fassen lässt. Aus diesem Grund kann die Position der technologischen Relevanz nicht als Richtschnur für die weiteren Überlegungen dienen.

Soziale Relevanz Die Position der sozialen Relevanz geht von dem zentralen Gedanken aus, dass Wissenschaft im Dienst der Gesellschaft steht. Ihre Aufgaben kann Wissenschaft jedoch dann am besten erfüllen, wenn sie als funktional differenziertes System teilautonom ihrer Aufgabe nachkommt, Wissen zu produzieren, zu tradieren und zu bewahren.
Was als Wissen gilt und was nicht, liegt in der exklusiven Entscheidungshoheit der Wissenschaft. Die Funktionsfähigkeit der Wissenschaft wäre bedroht, wenn andere Teile der Gesellschaft hier Einfluss nehmen wollten. Über Wahrheit darf nicht anhand von ökonomischen oder politischen Interessen entschieden werden. Bei der Festlegung hingegen, *worüber* Wissen produziert, tradiert und bewahrt werden soll, muss eine Balance zwischen Selbst- und Fremdstimulierung gefunden werden.
Einerseits würde die Wissenschaft ihre Funktionsfähigkeit verlieren, wenn man sie der Selbststimulierung beraubte: Nur die freie Weitergabe und Bewahrung des schon Gewussten sichert der Gesellschaft das unverzichtbare kulturelle Gedächtnis. Nur wenn Wissenschaft auch Fragen selbst generieren und frei verfolgen kann, sichert permanente Selbstbefragung den besonderen Geltungsstatus wissenschaftlichen Wissens. Gelegentlich wird die Forschung dabei neue Erkenntnisse erzielen, die auch außerwissenschaftlich interessant sind, weil sie die Konstruktion und Auswahl von Mitteln erleichern oder bestehende Zielkonflikte aufdecken oder sich zur Formulierung extrawissenschaftlicher Ziele eignen.
Andererseits darf man sich daher nicht blind gegenüber der Tatsache verhalten, dass die Nutzung wissenschaftlicher Ergebnisse außerhalb der Wissenschaft auf sie selbst zurückwirkt. Die Anwendung wissenschaftlicher Resultate verändert die Bedingungen, unter denen Wissenschaft stattfindet. So entsteht z. B. der Wunsch, die Weitergabe des Wissens an den Bedürfnissen der Verwender auszurichten. Außerdem werden aufgrund der Verwissenschaftlichung der Gesellschaft zunehmend auch außerhalb der Wissenschaft Probleme induziert und Fragen aufgeworfen, die nur wissenschaftlich zu erkennen und zu bearbeiten sind. Wissenschaft muss also auch Fragen von außen aufnehmen und die extrawissenschaftliche Wirkung ihrer Antworten beobachten.

4.3.2 Strategische Wissensziele

Folgt man den Überlegungen betrieblichen Wissensmanagements, so müssen aus den normativen Wissenszielen strategische Wissensziele abgeleitet werden. Konkret heißt das, die

- Gewichtung der drei Aktivitäten Bewahrung, Lehre und Produktion sowie
- Ziele für jede der drei Aktivitäten

festzulegen. Da die Wissensproduktion die wichtigste Teilfunktion der Wissenschaft ist, wird ihr die meiste Aufmerksamkeit gewidmet.

Gewichtung zwischen Bewahrung, Lehre, Produktion In der Renaissance wurde das überlieferte Wissen der Antike als einzige relevante Wissensquelle angesehen; es galt, die Höhe der Griechen wieder zu erreichen. Bewahrung und Tradierung hatten das Primat. Erst vor dem Hintergrund der geographischen Entdeckungen kam die Idee eines kontinuierlichen Erkenntisfortschritts durch systematische Forschung auf. In den folgenden Jahrhunderten gewann die Forschung gegenüber der Lehre und dem Bibliothekswesen immer weiter an Bedeutung. Die im 20. Jahrhundert massiv gestiegene Nachfrage nach akademisch ausgebildeter Manpower hat die Bedeutungszunahme der Forschung zumindest an den Hochschulen gebremst. Die im Kapitel 3 geschilderten Konsequenzen des Übergangs in den *Steady State* lassen für die Zukunft erwarten, dass Wissensbewahrung und -tradierung gegenüber der Wissensproduktion wieder an Stellenwert gewinnen müssen, soll eine kollektive Amnesie vermieden werden. Wir sitzen zunehmend auf einem Berg von Bücherwissen, das in Vergessenheit zu geraten droht.

Ziele für Bewahrung Das Idealziel ist die zeitlich unbeschränkte Aufbewahrung jeder wissenschaftlichen Publikation, nach Möglichkeit an allen interessierten Forschungsstandorten, um jederzeit einen raschen Zugriff zu gewährleisten. Dieses Ziel wird jedoch zunehmend als unrealistisch angesehen, weil die Bibliothekskapazitäten in absehbarer Zeit erschöpft sein werden.

Ziele für Tradierung Die mit der Lehre verfolgten strategischen Wissensziele sind immer wieder Gegenstand bildungspolitischer Kontroversen gewesen. Ist es sinnvoll, die akademische Lehre allein auf die Anforderungen an den akademischen Nachwuchs auszurichten, wenn 90% aller Absolventen eine Arbeit außerhalb der Wissenschaft annehmen? Sollen die Hochschulen allseitig gebildete Persönlichkeiten oder kritische Staatsbürger hervorbringen? Oder muss das Ziel der zum lebenslangen Lernen befähigte Absolvent sein? Sind Bildungs- und Ausbildungsauftrag unversönlich? Brauchen wir Spezialisten oder Generalisten?

Ziele für Produktion Aufgrund der Modellüberlegungen liegt es nahe, die Ziele quadrantenspezifisch zu formulieren. Das bedeutet, zu jedem Quadranten passende Ziele zu überlegen und eine Gewichtung der vier Quadranten festzulegen.

Linnés Quadrant Forschung soll als „Auge der Menschheit“ in jeden nur erdenklichen Winkel schauen und solides Faktenwissen beschaffen.

Bohrs Quadrant Forschung soll Strukturwissen generieren, das Fakten in Zusammenhänge einordnet und erklärt, Vorhersagen erlaubt und Komplexität durch Theoriebildung reduziert.

Pasteurs Quadrant Forschung soll Verfügungswissen generieren, mit dem sich aus Einsicht in Wirkungszusammenhänge geeignete Mittel für externe Zwecke bereitstellen sowie unscharfe extrawissenschaftliche Zielvorstellungen präzisieren und Zielkonflikte aufdecken lassen.

Edisons Quadrant Forschung soll Handlungswissen bereitstellen, mit dem sich Mittel zu vorgegebenen Zwecken auswählen und konstruieren lassen.

Gewichtung der vier Quadranten In Deutschland tobte Anfang der 90er Jahre der Kampf wieder einmal härter, wie die Ressourcenverteilung zwischen den verschiedenen Quadranten ausfallen solle. Die Industrie wünschte, dass staatliche Mittel stärker auf anwendungsbezogene Fragestellungen konzentriert würden, da die Industrie ihre eigenen Aufwendungen zurückfuhr und die Bedeutung der anderen Quadranten nicht zu erkennen vermochte. Im Sinne der hier vertretenen Position der sozialen Relevanz von Wissenschaft hat jeder Quadrant seine eigene Berechtigung.

4.3.3 Operative Wissensziele

Das eingangs erwähnte Zitat aus der betrieblichen Wissensmanagement-Debatte lehrt, dass die strategischen Wissensziele in operative Wissensziele umgesetzt werden müssen, um praxiswirksam werden zu können. Von den drei Aktivitäten Bewahrung, Lehre und Produktion wollen wir die ersten beiden nur kurz streifen und uns auf operative Wissensziele für die Forschung konzentrieren.

Bewahrung In Bibliotheken werden die operativen Wissensziele als Beschaffungs- und Dearchivierungspolitiken festgehalten. Typische Festlegungen betreffen die zu erwerbenden Zeitschriften, die vollständige Anschaffung bestimmter Buchreihen bzw. aller Veröffentlichungen ausgewählter wissenschaftlicher Verlage oder die Konzentration auf die Literatur einzelner Fachgebiete und Sondersammelgebiete. Die Verfügbarkeit der gesammelten Bestände wird durch Festlegungen bestimmt, wie schnell Neuzugänge für Bibliotheksnutzer ausleihbar sein sollen, ob stark nachgefragte Bücher mehrfach angeschafft werden, wie Öffnungszeiten und Ausleihkonditionen gestaltet sind usw.

Tradierung In der Lehre ist es üblich, fachspezifische Curricula in Prüfungs- und Studienordnungen aufzustellen, die die Lehr- bzw. Lernziele festhalten. Die Festlegung obliegt den jeweiligen Fachbereichsgremien, in denen die Professoren die Mehrheit haben.

Forschung Operative Wissensziele werden in der akademischen Forschung oft nur persönlich oder auf der Ebene von Arbeitsgruppen festgelegt. Eine zentrale oder gar wissenschaftsexterne Festlegung operativer Wissensziele wird oft unter Hinweis auf die verfassungsmäßig garantierte Forschungsfreiheit oder die jeder Forschung inhärente Unsicherheit abgelehnt.
Das legalistische Argument beeindruckt nicht sonderlich, da es allgemein akzeptierte Praxis ist, dass Staat und Wirtschaft in ihren eigenen Forschungseinrichtungen darüber entscheiden, welches Forschungsfeld Ressourcen in welcher Höhe erhält. Bei direkten Forschungsaufträgen werden sogar die Forschungsinhalte detailliert bestimmt, ohne das diese Praxis Verfassungsklagen nach sich zöge. Das auf die Forschungsunsicherheit abhebende zweite Argument führt dagegen auf die spannende Frage, ob und inwiefern noch nicht vorhandenes Wissen ex ante bestimmt werden kann. Damit beschäftigen sich die beiden folgenden Abschnitte.

4.4 Identifikation von Wissen

> Den meisten Großunternehmen fällt es heute schwer, den Überblick über intern oder extern verfügbares Wissen zu behalten. Diese mangelnde Transparenz führt zu Ineffizienzen, ‚uninformierten' Entscheidungen und Redundanzen. [...]
> Eine Möglichkeit zur Schaffung interner Wissenstransparenz liegt in der Erstellung von Wissenslandkarten, die den systematischen Zugriff auf die organisationale Wissensbasis unterstützen. Der heutige Stand der Informationstechnologie ermöglicht dabei völlig neue Möglichkeiten im Zugriff auf die interne, elektronische Wissensbasis und die Verknüpfung unterschiedlicher Datentypen.
>
> H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto (1998), *Wissensmanagement*, S. 25f.

Die betriebliche Wissensmanagement-Debatte hat mit dem Erschrecken über die Erkenntnis eingesetzt, dass viele Unternehmen gar nicht wissen, was sie alles wissen. Rasch auf die organisationale Wissensbasis zugreifen zu können, wird aber für viele Unternehmen zunehmend überlebensnotwendig im globalen Wettbewerb.

Auch Wissenschaft kann ohne Kenntnis des bereits vorhandenen Fachwissens nicht auf hohem Niveau betrieben werden. Es mehren sich jedoch die Anzeichen, dass es besonders in alten Wissenschaftsdisziplinen wie der Philosophie immer schwieriger wird, alle relevante Literatur zur Kenntnis zu nehmen. Wenn man als Europäer die neuere angelsächsische Philosophie betrachtet, kann man sich des Eindrucks kollektiver Amnesie kaum erwehren, wenn in kurzen Essays jahrhundertealte Fragen angeschnitten werden, ohne auch nur je auf die überlieferten Lösungsversuche zu verweisen.
In der Vergangenheit hat sich die Strategie bewährt, auf den zunehmenden Corpus des Wissens mit Spezialisierung des einzelnen Forschers zu reagieren. Dieser Aufbau von Binnenkomplexität erlaubte, mit dem wachsenden Wissensberg Schritt zu halten, indem sich jeder Forscher auf einen immer kleiner werdenden Ausschnitt konzentrierte.[35] Diese Strategie versagt jedoch bei der Aufgabe, Wissen aus verschiedenen Bereichen für wissenschaftsexterne Anwendungen z. B. bei der Technikgenese oder der Politikberatung zusammenzufügen, zu „synthetisieren". In Unternehmen ist daher die Frage, was eigentlich bekannt ist und wer darüber etwas weiss, eher virulent geworden als in der Wissenschaft selbst.
Aber, wie oben angedeutet, wird diese Frage auch in der Wissenschaft zukünftig an Bedeutung gewinnen. Wissen kann nämlich nur dann handlungsleitend werden, wenn es in Köpfen vorliegt – sei es artikulierbar oder nur unbewusst. Wissen, das nur in Büchern steht, die keiner mehr kennt, ist totes Wissen. Daher ist es wichtig, dass stets aktuales artikulierbares Wissen über das aktuale kodifizierte Wissen vorliegt, d. h. Wissen darüber, welche Fragen schon einmal beantwortet wurden – ohne wissen zu müssen, wie die Antwort tatsächlich lautet, dies kann man nachschlagen. Bisher war aufgrund der hohen Gegenwartskonzentration ein großer Teil des Wissens zeitgenössisch, d. h. seine Urheber lebten noch. Mit dem Übergang in den *Steady State* entsteht nun das Problem, dass der Anteil der neuen Ergebnisse am Gesamtbestand sinkt. Der bislang quasi automatisch gegebene Überblick schwindet, die Kohärenz neuer Forschungsergebnisse mit dem Wissensbestand ist gefährdet. Kohärenz ist aber eine wesentliche Forderung an wissenschaftliches Wissen. Daher wird es eine zunehmend wichtige Aufgabe der wissenschaftlichen Qualitätssicherung, den Bezug zum Wissensbestand sicherzustellen.

[35] Vgl. die Erörterungen zur Binnendifferenzierung in Disziplinen und Fächer im Abschnitt 2.5.

Für beide Aufgaben, sowohl für die wissenschaftsexterne Synthese als auch für die wissenschaftsinternen Qualitätssicherung, bedarf es solcher Personen, die einen Überblick über die Wissensbasis haben, und der Möglichkeit, rasch auf das vorhandene Wissen zuzugreifen. Hier kann man einiges von erfolgreichem betrieblichen Wissensmanagement lernen: Erfahrene Mitarbeiter wurden zu *Knowledge Centers* zusammengefasst, die Anfragen aus dem Unternehmen binnen 24 Stunden beantworten. So genannte Wissenslandkarten identifizieren alle vorhandenen Wissensträger, seien es nun die persönlichen Fähigkeiten der Mitarbeiter oder die Archivbestände der Dokumentationsabteilung. In Intranets lassen sich alle elektronisch vorliegenden Dokumente der Organisation recherchieren.
Beim betrieblichen Wissensmanagement geht es hauptsächlich darum, die Verteilung bereits aktual vorliegenden Wissens sicherzustellen. Das benötigte Wissen liegt im Wesentlichen in der Organisation (oder außerhalb) als kodifiziertes, artikulierbares oder unbewusstes Wissen vor, nur steht es nicht im Besitz der Organisation bzw. ihrer relevanten Teile. Betriebliches Wissensmanagement ist wesentlich ein Verteilungsproblem. Hinsichtlich der Identifikation aktualen kodifizierten, artikulierbaren oder unbewussten Wissens kann man daher einiges von der betrieblichen Wissensmanagement-Debatte lernen.
Bei der Festlegung von operativen Wissenszielen für die Forschung hingegen muss man Wissen identifizieren, welches überhaupt noch nicht in kodifizierter Form vorliegt. Dies führt auf die Frage, wie man denn im Vorhinein etwas wissen könne, was man noch gar nicht weiß. Hinsichtlich dieses für die Forschungssteuerung hochrelevanten Problems können wir uns hingegen nicht auf die Wissensmanagement-Debatte stützen und müssen eigene Überlegungen anstellen.
Erinnern wir uns: Wissen kann in drei Modi vorliegen – tot, aktual oder potentiell. Es kann auf fünf Weisen gespeichert sein – kodifiziert, artikulierbar, unbewusst, artefaktisch und natürlich. Handlungsleitend kann aber nur aktuales, artikulierbar oder unbewusst vorliegendes Wissen werden. Kodifiziertes und artikulierbares Wissen sind oft stark gekoppelt, da sich die beiden Speicherweisen leicht ineinander überführen lassen. Im Folgenden soll untersucht werden, wie vergangenes, gegenwärtiges und zukünftiges Wissen identifiziert werden können. Betrachtet werden dabei jeweils die drei Speicherweisen kodifiziert, artikulierbar und unbewusst, weil sie die größte Handlungsrelevanz besitzen.

4.4.1 Vergangenes Wissen

Während im betrieblichen Wissensmanagement die Identifizierung (und ggf. Rekonstruktion) toten Wissens nur eine marginale Rolle spielt – etwa, wenn Konstruktionspläne alter Bauwerke oder Geräte rekonstruiert werden müssen – gehört dies in allen historischen Wissenschaften zum Arbeitsalltag. Die Rekonstruktion vergangenen Wissens ist eine wichtige Aufgabe der Altertumswissenschaften. Grundsätzlich gilt: Totes Wissen ist nur dann identifizierbar, wenn es sekundäre aktuale Hinweise darauf gibt. Nun zu den drei Formen:

Kodifiziertes Wissen So lassen sich verschwundene schriftliche Zeugnisse nur dann benennen, wenn sie von anderen Dokumenten zitiert werden, oder anderweitige Hinweise auf sie existieren, z. B. durch Erinnerungen an ihr Vorhandensein[36] oder aufgrund der

[36]Etwa derart, dass sich ein Zeitzeuge daran erinnern kann, dass die Akte X einem Bombenangriff zum Opfer fiel.

Situationslogik.[37] Der Inhalt solcher Dokumente lässt sich bestenfalls mit Allgemeinbegriffen beschreiben, aber er lässt sich nicht mehr im Detail rekonstruieren.

Artikulierbares Wissen Interessanter ist der Fall, wenn totes artikulierbares Wissen noch als aktuales kodifiziertes Wissen vorliegt, also als schriftliches Zeugnis. Nun haben aber Symbole an sich keine Bedeutung, d. h., der Rückschluss von kodifiziertem Wissen auf artikulierbares Wissen verlangt einen Interpretationsakt. Referenz entsteht erst, wenn Symbole von einem Bewusstsein als Symbole wahrgenommen werden.[38] Eine adäquate Umwandlung von kodifiziertem in artikulierbares Wissen gelingt aber nur, wenn der Lesende mit dem Gebrauch der Symbole vertraut ist. Nun wandelt sich der Symbolgebrauch aber im Laufe der Zeit, ein- und dasselbe Zeichen bedeutete zu verschiedenen Zeiten unterschiedliches. Da sich der Symbolgebrauch von anderen Personen nur erschließt, wenn man eben diesen Symbolgebrauch in verschiedenen Kontexten beobachten kann, landet man in einem hermeneutischen Zirkel.
Alle Wissenschaften, die mit schriftlichen Zeugnissen arbeiten, die aus früheren Zeiten oder anderen Kulturen stammen, bedienen sich deshalb hermeneutischer Verfahren. Erstaunlicherweise verrät kodifiziertes Wissen nicht nur etwas über das artikulierbare Wissen ihrer Urheber, sondern auch etwas über das unbewusste. MICHEL FOUCAULT (1926 - 1984) zielte auf eine Archäologie des Wissens ab: Dokumente vergangener Diskurse verraten viel über die unbewussten Ordnungsschemata, die sich in ihnen spiegeln.

Unbewusstes Wissen Vergangenes unbewusstes Wissen ist nur schwer zu identifizieren. Es kann nur indirekt erschlossen werden, z. B. aus Artefakten, die nur wissensbasiert erzeugt werden können. Die Statuen auf der Osterinsel lassen uns heute noch vor Ehrfurcht erstaunen, weil sie vom hohen Wissenstand ihrer Errichter zeugen. Aus dem Vorhandensein der Statuen können wir schließen, *dass* frühere Bewohner wussten, wie man solche gewaltigen Monumente errichtet. Aber *wie* die Insulaner ihr Werk verrichteten, erschließt sich uns nicht. Wir können auch nicht ohne weiteres sagen, ob dieses Wissen nur als unbewusstes Know-how oder auch als artikulierbares Wissen vorlag.

4.4.2 Gegenwärtiges Wissen

Die betriebliche Wissensmanagement-Debatte beschäftigt sich hauptsächlich mit der Frage, wie aktuales Wissen identifiziert werden kann, das irgendwo kodifiziert, artikulierbar oder unbewusst vorliegt, bisher jedoch nicht allen Teilen der Organisation zur Verfügung steht. Die betriebliche Wissensmanagement-Debatte ist vom Problem der Wissensverteilung geprägt.
In der Wissenschaft hingegen gibt es seit jeher starke Anreize, dass jeder Wissenschaftler sein artikulierbares Wissen kodifiziert und der Öffentlichkeit zugänglich macht. In der Wissenschaft stellt sich das Besitz-Problem nicht.
Es wird oft behauptet, dass man nicht sinnvoll zwischen Wissen und dem Wissen über Wissen unterscheiden könne. In der Tat kann ein Individuum andernorts vorhandenes

[37] Beispielsweise kann man davon ausgehen, dass zu jedem neueren technischen Gerät einst eine Konstruktionszeichnung existiert hat.

[38] Vgl. die Erörterungen zur kommunikationstheoretischen Auffassung des Wissensbegriffs im Abschnitt 2.1.1.

Wissen nur dadurch präzise identifizieren, dass es selbst das Wissen in artikulierbarer Form aufnimmt. Anderseits haben Bibliotheken schon seit Jahrhunderten Klassifikationsschemata, Archivierungs- und Retrieval-Verfahren im Gebrauch, die eine – wenn auch grobe – Identifizierung des kodifiziert vorliegenden Wissens erlauben. Wie die praktischen Erfahrungen modernen Wissensmanagements zeigen, lassen sich auch artikulierbares und unbewusstes Wissen in grober Weise identifizieren: Wie, darüber im Folgenden mehr.

Kodifiziertes Wissen Ein Bestandteil des betrieblichen Wissensmanagements ist das Dokumentationswesen. Analog zum Bibliothekswesen wird durch Katalogisierung von Dokumenten (Verschlagwortung, Erhebung von Metadaten wie Verfasser etc.) das kodifiziert vorliegende Wissen der Organisation identifiziert. In jüngster Zeit setzen sich elektronische Verfahren durch, da die Dokumente meist schon in elektronischer Form vorliegen. Dokumente beliebiger Formate lassen sich in Datenbanken ablegen, z. T. automatisch verschlagworten und mit verschiedensten Suchverfahren (Volltext-, Schlagwort-, Logik-, Ähnlichkeitssuche) auffinden.
In der Wissenschaft verwalten seit jeher die Bibliotheken das öffentlich zugängliche, kodifizierte Wissen. Um den Zugriff zu erleichtern, werden die in Bibliotheken gesammelten Dokumente durch Erheben von Meta-Daten erschlossen und in Katalogsystemen erfasst. Im Gebrauch sind vor allem alphabetische Autorenkataloge sowie alphabetische und hierarchische Sachkataloge auf der Basis von Schlagworten. Die Verschlagwortung über Begriffshierarchien erlaubt eine sukzessive Präzisierung bei der Erfassung von Wissensbeständen. Seitdem Bibliothekskataloge als Datenbanken vorliegen (OPAC), stehen schnelle Logiksuchen auf sämtlichen Metadaten zur Verfügung.
Die innere Organisation einer Bibliothek ist darauf ausgelegt, den *Standort* vorhandener Dokumente möglichst rasch wieder aufzufinden. Dafür wurden verschiedene Signatur- und Aufstellungssysteme erfunden. Zur eindeutigen Identifizierung eines Dokuments werden seine Signatur oder die vollständigen bibliographischen Angaben benötigt. Bibliotheksnutzer suchen aber oft nicht nach einem konkreten Buch oder Artikel, sondern nach Dokumenten zu einer bestimmten Frage oder einem Thema. Daher erleichtert eine Aufstellung der Bücher nach *sachlichen* Gesichtspunkten dem Nutzer oft die Suche. Da aber eine einzelne Bibliothek selten alle relevanten Publikationen vorhält, haben sich thematische Bibliographien als ein wichtiges Hilfsmittel bewährt.
Bibliotheken sehen sich meist in einer passiven Rolle: Nutzer suchen von sich aus nach Publikationen *(Information Pull)*, sie werden nicht mit der Nase darauf gestoßen *(Information Push)*. Diese Funktion übernehmen z. B. Rezensionen von Neuerscheinungen. Dies ist jedoch nur bei Büchern möglich, nicht bei Zeitschriftenartikeln. Bei der großen Flut der Journale war es ja noch nicht einmal möglich, jeden Zeitschriftenartikel einzeln zu katalogisieren; entsprechend konnte man sie nur bei Kenntnis aller bibliographischen Angaben gezielt finden. Daher erlangten so genannte Referate-Organe *(Abstract Journals)* einige Bedeutung, die kurze Zusammenfassungen einschließlich der vollständigen bibliographischen Angaben aller Artikel eines bestimmten Gebietes enthalten. Mit dem elektronischen Publizieren von Zeitschriften eröffnen sich nun völlig neue Möglichkeiten: Dank Hyperlinks zu zitierten Arbeiten kann man mit einem Mausklick erledigen, was früher stundenlange Suche in Bibliotheken kostete, und elektronische Agenten informieren Interessenten automatisch über alle neu erschienenen Artikel zu einem bestimmten Thema.

Artikulierbares Wissen In Unternehmen wird zunehmend in Projektteams gearbeitet. Daher stellt sich beim Zusammenstellen der Teams die Aufgabe, die richtigen Personen mit dem benötigten individuellen Wissen zusammenzustellen. Daher ist es eine wesentliche operative Aufgabe des betrieblichen Wissensmanagements, mit so genannten *Wissenslandkarten* oder *Yellow Pages* abzubilden, welcher Mitarbeiter über welche Fähigkeiten und welches Wissen verfügt.

Während die umfassende Identifizierung des gegenwärtig kodifiziert vorliegenden Wissens für die Wissenschaft unabdingbar ist, ist es für praktizierende Wissenschaftler nicht so wichtig, zu fixieren, wer was weiß bzw. kann. Durch Teilnahme am Forschungsprozess lernt man en passant, wer die kompetenten Fachleute im Feld sind, worüber diese Leute arbeiten und Bescheid wissen. Für Wissenschaftsexterne (z. B. Politiker, Journalisten, Bürokraten, Technologen oder Angestellte intermediärer Organisationen wie der Forschungsförderer) hingegen ist es oft wichtig, die Experten der Felder zu kennen, d. h. artikulierbares Wissen identifiziert zu haben. Da das Wissen um relevante Experten einen persönlichen Vorsprung darstellt, haben viele Wissenschaftsexterne *private* Wissenslandkarten im Gebrauch, z. B. als Adressdatenbank mit Themenschwerpunkten. Andererseits hat sich mit dem Aufkommen des Internets quasi von selbst eine öffentliche Forschungslandkarte im WWW gebildet, denn Forschungseinrichtungen, Universitäten und deren Wissenschaftler haben oft recht ausführliche Homepages mit Angaben zu Forschungsaktivitäten, Kompetenzen und Fähigkeiten. Um an Forschungskooperationen Interessierten die Orientierung zu erleichtern, sind staatlicherseits themenspezifische Kompetenzlandkarten im Internet initiiert worden, z. B. im Rahmen der Kompetenznetzwerke des BMBF.[39]

Unbewusstes Wissen In Unternehmen spielt bei der Zusammenstellung von Projektteams nicht nur eine Rolle, welches artikulierbares Wissen die gesuchten Teammitglieder mitbringen, sondern auch, über welche (möglicherweise unbewussten) Fähigkeiten sie verfügen. Daher wird in den oben schon erwähnten Wissenslandkarten versucht, die Fähigkeiten jedes Mitarbeiter mit Allgemeinbegriffen zu charakterisieren. Dadurch wird dieses unbewusste Wissen adressierbar, aber es bleibt dennoch individuell und geht nicht in den Besitz der Organisation über. Daher wird im Rahmen von Wissensmanagement-Projekten oft versucht, das unbewusste Wissen der Mitarbeiter in eine kodifizierte Form zu überführen, die der ganzen Organisation kollektiv zur Verfügung steht.

Ein großer Teil der betrieblichen Wissensmanagement-Debatte dreht sich daher um die Konvertierung von individuellem unbewusstem zu artikulierbarem Wissen und weiter zu kodifizierten kollektivem Wissen. Da diese Konvertierung mit hohem Aufwand verbunden ist, stellt sich im Rahmen der Wissensmanagement-Debatte die Frage nach Kosten-Nutzen-Analysen. Dem einzelnen Mitarbeiter fehlt oft der Anreiz, sein individuelles Wissen zu kodifizieren und mit anderen in der Organisation zu teilen.

In der Wissenschaft gibt es starke Anreize, sein individuelles Wissen zu kodifizieren und öffentlich zu machen. Trotzdem ist es oft so, dass unbewusstes Wissen (z. B. Methodenkenntnisse, Hintergrundwissen, normative Einstellungen) in Forschungsarbeiten und Publikationen eingehen, ohne dass sie explizit gemacht werden.

[39] Vgl. http://www.kompetenznetze.de.

4.4.3 Zukünftiges Wissen

Im einfachsten Fall besitzt das betrachtete Individuum oder die betrachtete Gruppe das in Rede stehende Wissen noch nicht, aber andernorts lag oder liegt das Wissen in irgendeiner Form vor. Diese Situation ist für das betriebliche Wissensmanagement typisch. Sie muss hier nicht behandelt werden, denn sie entspricht dem, was bereits unter Identifikation toten bzw. aktualen Wissens beschrieben wurde.

Interessanter und für die Wissenschaft eminent wichtig ist aber der Fall, wenn das in Rede stehende Wissen nirgendwo verfügbar ist, wir auf der Suche nach gänzlich neuem Wissen sind.[40] Solches Wissen kann ganz offensichtlich nicht durch Aufweis diesen Wissens identifiziert werden, wie es bei aktualem Wissen möglich ist. Wir stehen vor der paradoxen Aufgabe, unbekanntes Wissen im Vorhinein zu wissen. Kann das möglich sein?

Der Schlüssel zur Lösung der paradoxen Situation liegt im Unterschied zwischen *Fragen* und *Antworten*. Wer fragt, zeigt sein Nichtwissen. Nichtwissen setzt aber Wissen voraus. Wer Fragen stellen kann, muss schon verstanden haben, welche Struktur das Gesuchte hat.

Das weiß jeder Lehrer. Wenn seine Schüler keine Fragen stellen, haben sie entweder alles oder gar nichts verstanden. In beiden Fällen war der Unterricht schlecht. Und jeder Student kennt die Erfahrung: Je länger man studiert, desto größer wird das Gefühl, nichts zu wissen. Der Grund dafür lässt sich am Bild der Wissenskugel verdeutlichen: Unser Wissen sei durch eine Kugel symbolisiert. Je mehr wir lernen, desto größer wird der Radius der Kugel. Damit wächst aber nicht nur das Volumen, sondern auch die Oberfläche, also die Schnittstelle zwischen Wissen und Nichtwissen. Je mehr man weiß, desto besser kann man auch benennen, was man nicht weiß.[41]

Nach Dietrich Dörner[42] zielen Fragen auf „Hohlstellen“ in Ereignis- bzw. Handlungsschemata. Um solche Leerstellen zu haben, muss man aber erst einmal über Schemata verfügen. Übersetzt in die hier verwendete Sprechweise heißt das: Potentielles Wissen wird durch Fragen identifiziert. Fragen stellen zu können setzt aber voraus, *Strukturwissen* zu haben.

Potentielles Wissen, das durch aktuales Wissen nicht schon strukturiert werden kann, ist unmöglich ex ante zu identifizieren. Insbesondere neues Struktur- und Verfügungswissen, das nicht schon durch „Supertheorien“ vorgeprägt ist, kann nicht ex ante identifiziert werden. Beispielsweise wäre es unmöglich gewesen, die Quantenmechanik vor ihrer Entstehung zu identifizieren.

Ähnlich ist es mit hochgradig empirischem Faktenwissen, das kaum Rekurs auf Strukturwissen nimmt. Die Resultate, die man erhält, wenn mit einem neuen Apparat bisher unzugängliche Phänomenbereiche beobachtet oder wenn die Eigenschaften völlig neuartiger Materialien studiert werden, sind oft überraschend.

Anders sieht es dagegen aus, wenn bereits eine Vororientierung vorhanden ist, dann kann potentielles Wissen recht gut identifiziert werden. Faktenwissen, das innerhalb eines theo-

[40] Der Einfachheit halber wollen wir uns hier auf artikulierbares Wissen beschränken. Das in der Wissenschaft gebildete kodifizierte Wissen muss ja auch zunächst als individuelles, artikulierbares Wissen vorliegen.

[41] Hubert Markl reklamiert das Modell der Wissenskugel für sich, das er zuerst in *Das akademische Ökosystem*, Konstanzer Universitätsreden 159 (1987), S. 22, entwickelte.

[42] Vgl. Dietrich Dörner, *Bauplan für eine Seele*, Rowohlt Reinbek 1999, S. 661ff.

retischen Rahmens produziert werden soll, kann ex ante sehr präzise identifiziert werden. Beispielsweise steht bei einer Messung von Naturkonstanten das Ergebnis ex ante schon bis auf Nachkommastellen genau fest! Albert Einstein[43] sagte einmal: „Die Theorie entscheidet darüber, was man beobachten kann.“ Da aber auch die Wissenschaft kein absolut sicheres Wissen produziert, kann es immer sein, dass sich die Dinge dann als anders als gedacht herausstellen, z. B. gab es vor der Entdeckung der Hochtemperatursupraleitung keinerlei Anlass zu der Vermutung, dass dieser Effekt existiert. Um so besser das verfügbare Struktur- bzw. Verfügungswissen ist, desto seltener sind jedoch Überraschungen.

Alle Forschungsbemühungen, die hinsichtlich ihrer Durchführung (!) in der Mitte des Quadranten-Modells zu verorten sind, zielen auf ein Wissen, das bereits vorstrukturiert ist und sich ex ante gut identifizieren lässt. Überraschungen sind hier selten. Je weiter man jedoch von der Mitte entfernt ist, desto unpräziser werden die Fragen. Das bedeutet, dass sich im Nachhinein die Fragen oft als schlecht gestellt entpuppen werden. Beispielsweise sind die Fragen „Wie lassen sich Erdbeben oder das Wetter auf 10 Tage vorhersagen?“ sehr unpräzise. Ähnlich verhält es sich mit den Fragen: „Warum geht die Sonne abends unter?“ oder „Warum entsteht Krebs?“ Sie sind in Edisons bzw. Bohrs Quadrant an den Eckpunkten anzusiedeln. Etwas besser gestellte Fragen lauten dann „Unter welchen Bedingungen lösen sich verhakte Kontinentalplatten?“ oder „In welchem Ausmaß erhöht Rauchen das Risiko, an Lungenkrebs zu sterben?“, die aber oft in anderen Quadranten als die ursprünglichen Fragen liegen!

Je nach zur Verfügung stehendem Wissens bzw. der Spezifität des Interesses werden die Fragen mehr oder minder allgemein ausfallen. Weit verbreitet ist es daher, anstelle präziser Fragen nur das Wissensgebiet mit Allgemeinbegriffen zu benennen, z. B. „Meteorologie“ oder „Wissen über die englische Geschichte“.

4.5 Methoden zur Festlegung von Forschungszielen

Die vorangegangenen Überlegungen zeigen, dass man im Rahmen des vorhandenen Strukturwissens zukünftiges Wissen identifizieren kann. Es ist also durchaus möglich, Forschungsziele zu benennen. Da es aber im Bereich des menschlichen Wissens keine absolute Sicherheit gibt, ist man jedoch vor Revisionen seines Strukturwissens und damit seiner Wissensziele nie sicher.

An dieser Stelle soll nun der Frage nachgegangen werden, *auf welche Weise* man zu einer Festlegung von Forschungszielen gelangen kann. Wenn Wissenschaft zur Lösung der von ihr mitverursachten Probleme herangezogen werden soll, muss es möglich sein, bedarfsorientiert Forschungsfragen zu formulieren und der wissenschaftlichen Bearbeitung zuzuführen. Gemäss Quadrantenmodell sind dabei vor allem Pasteurs und Edisons Quadrant angesprochen, die auf externe Nutzung des produzierten Wissens abzielen. Es geht also nicht darum, wie Wissensziele für rein verständnisorientierte Forschung festgelegt werden könnten!

Die Aufgabe, geeignete Forschungsziele zu formulieren, stellt sich in der staatlichen „strategischen“ Forschung und in der Industrieforschung schon seit längerem. Ben Martin

[43] Zitiert nach Werner Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, Piper München 1969, S. 80.

und JOHN IRVINE[44] haben dafür den Terminus *Research Foresight* geprägt. Der Ausdruck *Foresight* (dt. *Prospektion* oder *Vorausschau*) hat in der Zukunftsforschung Begriffe wie *Prognose* oder *Vorhersage* (engl. *Forecast*) abgelöst. Dabei handelt es sich aber nicht um einen bloßen Etikettenwechsel, sondern um eine Änderung in den fundamentalen Annahmen der Zukunftsforschung. Die Misserfolge prognostischer Ansätze haben in den 70er Jahren dazu geführt, die Vorstellung aufzugeben, dass es genau eine Zukunft gibt, die heute schon feststeht und sich vorhersagen lässt. Statt dessen wird heute akzeptiert, dass die Zukunft in einem gewissen Maße offen und gestaltbar ist. Die Zukunft ist zu einem gewissen Grad durch die Gegenwart unterbestimmt. Daher sind verschiedene Zukünfte[45] möglich.

Doch nun von den geänderten Grundannahmen der Zukunftsforschung zurück zu ihren Methoden, mit denen sie bei der Wissensvorausschau und der Festlegung von Forschungszielen helfen kann. Die Zukunftsforschung ist nach dem Zweiten Weltkrieg zur Planungsunterstützung entstanden. Ihre Methoden wurden zuerst beim Militär und in der Stadt-/Regionalentwicklungsplanung entwickelt, jedoch schon bald auf die Technologie-Entwicklung übertragen, um zukünftiges technologisches Wissen zu ermitteln.[46] Einen ersten Überblick mit mehr als 100 Methoden der Technologievorausschau hat ERICH JANTSCH 1967 zusammengetragen.[47] Nach dem Ende der Planungseuphorie waren die japanischen Delphi-Studien, die seit 1971 regelmäßig durchgeführt werden, die einzigen systematischen Versuche, FuE-Agenden durch Zukunftsforschung zu beeinflussen. Ende der 80er stieg jedoch weltweit wieder das Interesse, die zunehmend knapper werdenden Forschungsmittel auf aussichtsreiche oder wichtige Vorhaben zu konzentrieren. Delphi-Studien, Trendanalysen, Ermittlung von Schlüsseltechnologien und Vergleiche des FuE-Portfolios mit dem anderer Länder wurden die bevorzugten Instrumente. Als neues bedarfsorientiertes Verfahren kam das Backcasting hinzu, als die Nachhaltigkeitsdebatte zeigte, dass die Herausforderung der ökologischen Krise nur gemeistert werden können, wenn FuE-Agenden zukünftig von der Erhöhung der Ökoeffizienz statt der Arbeitsproduktivität bestimmt werden.

Wie die langjährige Erfahrung mit *Foresight*-Prozessen zeigt, müssen mehrere Methoden kombiniert werden, um die verschiedenen erfolgsrelevanten Aspekte abzudecken. Zum einen muss der Wissens- und Technologiebedarf (*Demand Pull*) ermittelt werden, zum anderen darf die Dynamik neuer kognitiver und technischer Möglichkeiten (*Science* bzw. *Technology Push*) nicht aus den Augen verloren werden. Insbesondere in Zeiten knap-

[44] Die beiden Forscher von der *Science Policy Research Unit* der Universität Sussex haben 1983 in einer dreimonatigen Studie für ein Beratungsgremium der britischen Regierung untersucht, wie sich vielversprechende Gebiete in den Wissenschaften identifizieren lassen. Die Studie beruhte auf einer Auswertung vorhandener *Science Policy Studies* (Retrospektive Studien wie *Traces* und *Hindsight* über Innovationsprozesse) sowie einem Ländervergleich mit USA, Japan, Deutschland und Frankreich, der auf der Basis von strukturierten Tiefeninterviews mit *Senior Officials* durchgeführt wurde. Die Resultate erschienen 1984 als *Foresight in Science. Picking the Winners* und um weitere Länderstudien ergänzt 1989 als *Research Foresight. Priority Setting in Science.* Die beiden Bücher wurden für die europäische Debatte über Forschungsvorausschau sehr einflussreich.

[45] Die deutsche Sprache kennt normalerweise keinen Plural von „Zukunft“. In der Zukunftsforschung wird jedoch häufig der Ausdruck „Zukünfte“ gebraucht, um darauf hinzuweisen, dass die Zukunft heute noch nicht eindeutig bestimmt und die Rede von *der* Zukunft irreführend ist.

[46] Aufgrund der hohen Bedeutung neuen Wissens für die Technikgenese ist es kein Wunder, dass *Wissensvorausschau* zuerst als *Technologievorausschau* thematisiert wurde. Die Vorausschau technologischen Wissens ist aber nur ein Spezialfall des allgemeineren Problems der Wissensvorausschau.

[47] Erich Jantsch, *Technological Forecasting in Perspective*, OECD 1967.

per Ressourcen müssen dann die verschiedenen Wissensziele gegeneinander abgewogen werden. Zum Schluss darf man nicht vergessen, die Ziele so zu formulieren, dass sie von forschungskoordinierenden Stellen implementiert werden können.
Die im Folgenden präsentierten neun Methoden wurden so ausgewählt, dass sie alle vier Teilaufgaben abdecken. Neben Standardverfahren der Zukunftsforschung, z. B. Delphi-Studien und Szenario-Technik, finden sich für die Forschungspolitik spezifische Verfahren. Mit den Zukunftswerkstätten und der Bionik wurden zwei weitere Verfahren in die Liste aufgenommen, die man nicht zu den Vorausschau-Methoden im engeren Sinne zählen würde, die aber im Konzert der Methoden wichtige Funktionen erfüllen können. Einen Kurzüberblick liefert Tabelle 4.2. Zu jedem Verfahren werden erläutert:

- Prinzip
- Stärken
- Schwächen
- Einsatz

Die Beschreibung der Verfahren stützt sich zum einen auf ältere Bücher, die einen umfassenden Überblick über die verschiedensten Methoden sowie deren Stärken und Schwächen geben,[48] und zum anderen auf aktuellere Veröffentlichungen, die über Vorausschau-Aktivitäten und Erfahrungen in verschiedenen Ländern berichten.[49] Weitere, methodenspezifische Quellen sind ggf. bei den jeweiligen Verfahren angegeben.

4.5.1 Expertenkommissionen

> Among the most common informal ways of conducting foresight are through traditional expert committees and unstructered workshop discussions – aptly termed the BOGSAT approach (i. e. Bunch Of Guys Sitting Around A Table) in the US; conclusions about potential research opportunities or emerging socio-economic needs will in such cases frequently be arrived at on the basis of little more than ‚the informed prejudices of wise men'.
>
> John Irvine und Ben Martin (1989), *Research Foresight*, S. 27f.

Methodik Irvine und Martin haben Expertenkommissionen treffend als *Bogsat*-Methode beschrieben. Man lädt Experten zu einem bestimmten Thema ein und befragt diese nach ihren Ansichten, z. B. zu wichtigen Forschungszielen/-themen. Die Diskussion wird im Allgemeinen durch eine Arbeitsvorlage, Statements oder die Auswertung eines vorab an die Teilnehmer verschickten Fragebogens eingeleitet. Der Ablauf der Veranstaltung ist meist wenig formalisiert.

[48] Der schon erwähnte Klassiker ist hier Erich Jantsch (1967). Schlechter zugänglich sind die im Auftrag des BMBW entstandenen Studien *Methoden der Prioritätsbestimmung I-III*, BMBW Bonn 1970/71.

[49] Hier sind zunächst die bereits genannten Bücher von JOHN IRVINE und BEN MARTIN zu nennen: *Foresight in Science. Picking the Winners*, Pinter London 1984, und *Research Foresight. Priority-Setting in Science*, Pinter London 1989. Neueren Datums sind das Sonderheft *National Foresight Projects*, Technological Forecasting and Social Change **60** (1999) No 1, und der Sammelband von Gert Kaiser, Katharina Wetzel-Vandai und Arne Claussen [Hrsg.], *Technologiebedarf im 21. Jahrhundert. Technikvorausschau und Technologiepolitik in Europa*, Campus Franfurt/Main 1999. Eine Kurzfassung ist davon im WZN-Magazin 2/98 zum Thema „Technologiebedarf" zu finden.

Methode	Funktion	Voraussetzungen	Stärken	Schwächen
Experten-kommissionen	Informationsbeschaffung durch Einholen von Expertenmeinungen.	Kenntnis der relevanten Experten.	Einfache Methode, geringer Aufwand.	Bringt selten neue Ideen hervor. Ergebnisse abhängig von den Eingeladenen.
Trend-beobachtung	Trendanalyse durch Auswerten von Publikationen, Patentstatistiken etc.	Sehr umfangreiches Datenmaterial. Ggf. historische Vergleiche, um Trends zu extrapolieren.	Liefert operationalisierte, kurzfristig erreichbar scheinende Ziele.	Je länger der Zeithorizont, desto unzuverlässiger. Angebotsfixierung.
Bench-marking	Vergleich der eigenen FuE-Ausgaben mit denen anderer Länder. Empfehlungen für eine Änderung der eigenen Prioritäten auf Basis des Vergleichsergebnis.	Fundierter Vergleich der Daten setzt Hintergrundwissen (über Etatisierungspraktiken, Begründungen für Etatansätze etc.) voraus.	Simple Methode. Daten gut zugänglich. Liefert für FuE-Förderer handlungsrelevant operationalisierte Ziele.	Prioritäten werden nicht aus der Sache, sondern mit der Einschätzung anderer Nationen begründet.
Relevanz-bäume	Priorisierung von FuE-Vorhaben aufgrund ihres Beitrags zu bestimmten Zielen.	Zielgerüst, Zweck-Mittel- Relationen und deren Beurteilung müssen anderweitig gewonnen werden.	Erlaubt, auf methodisch geregelte Weise Prioritäten zu setzen. Gibt Hinweise auf mehrfach relevantes Schlüsselwissen.	Sehr hoher Aufwand für Gliederung bis hinunter zu FuE-Projekten. Hypothetische Zweck-Mittel- Beziehungen erweisen sich ex post oft als unerreichbar oder als mit unerwarteten Nebenfolgen verbunden.
Bionik	Kreativitätshilfe beim Auffinden von Zweck-Mittel-Relationen.	Biologische und ingenieurwissenschaftliche Fachkenntnisse.	Zeigt auf, was in der Natur machbar ist, auch ohne bereits eine artifizielle technische Realisisierung zu haben. Vielfalt biologischer Problemlösungen.	Naturlösungen kann man oft in Artefakten nicht nachbauen. Naturlösungen sind nicht immer optimal. Hypothetisches, in der Natur nicht Realisiertes kommt nicht in den Blick.
Delphi-Methode	Informationsbeschaffung über zukünftige Entwicklungen, Zielführungsgehalt von Maßnahmen etc.	Fragestellungen, die untersucht werden sollen.	Möglichkeit zu breiter Teilnahme. Eignung für Langzeit-Betrachtungen.	Wichtiger als der prognostische Gehalt ist der kommunikative Aspekt, der zu *Self-fulfilling Prophecies* führen kann. Regelmäßiges Nachführen nötig, um auf falschen Annahmen beruhende Zukunftsvorstellungen zeitnah zu korrigieren.
Szenario-Technik	Von heute ausgehendes Ausloten möglicher Zukünfte und damit verbundener Handlungskorridore.	Annahmen über die Dynamik zukünftiger Entwicklungen.	Offenheit der Zukunft kann abgebildet werden. Beteiligte Gruppe entwickelt gemeinsame Vorstellung des „Zukunftsraumes“.	Vergleichbarkeit verschiedener Szenarien eingeschränkt. Gefahr, dem Denken in heutigen Trends verhaftet zu bleiben.
Backcasting	Ermittlung, wie man rückwärts betrachtet zu einer gewünschten Zukunft kommen kann.	Bild einer wünschbaren Zukunft.	Bedarfsorientiert. Artikulation sprunghaften Entwicklungsbedarfs möglich.	Ohne Abgleich mit der Angebotsseite droht der „Bau von Luftschlössern“. Nur bei sehr langfristiger Betrachtung anwendbar.
Zukunfts-werkstätten	Bestimmung wünschbarer Zukünfte durch Kritik am Status quo und Kontrastierung mit phantasievollen Gegenentwürfen.	Keine speziellen.	Bedarfsorientiert. Befreit vom Denken in aktuellen Trends.	Produziert oft unrealistische Zielvorstellungen. Weg zur Umsetzung und dessen Anforderungen müssen mit anderen Methoden ermittelt werden.

Tabelle 4.2: Überblick über die vorgestellten Prospektionsmethoden

Stärken Expertenkommissionen sind eine einfache Methode, die nur mäßige Anforderungen an Aufwand, Vorbereitung und Durchführung stellt. Der Organisator benötigt allerdings eine Kenntnis der relevanten Experten. Falls es daran mangeln sollte, kann man sich mit einer so genannten Co-Nomination behelfen: Die bereits bekannten Experten werden aufgefordert, weitere Kollegen für die Mitarbeit zu benennen.

Schwächen In Expertenkommissionen ist es oft schwer, zwischen konkurrierenden Ansichten und Vorhaben abzuwägen und Prioritäten zu setzen. Die Ergebnisse sind weitgehend davon abhängig, wen man eingeladen hat. Da die Experten im Allgemeinen für ihre ohnehin bekannte Meinung eingeladen werden, reproduzieren Expertenrunden meist nur das, was ohnehin alle glauben; es sei denn, man konfrontiert die Teilnehmer mit provokanten Thesen und ungewohnten Fragestellungen. Beim Erkennen von neuen Felder gibt es oft keine hinreichend große Zahl von Experten und Fachkollegen, die man konsultieren könnte. Neue Ideen fördert *Bogsat* selten zu Tage. Außerdem sind Expertenkommissionen kein geeignetes Instrument, um Prioritäten zwischen weit auseinanderliegenden Feldern zu setzen.[50]

Einsatz Die Konsultation von Expertenkommissionen ist weit verbreitet, nicht nur zur Forschungs- oder Technologievorausschau. Wissenschaftsministerien stützen sich bei der Definition von Forschungszielen und -schwerpunkten oft auf den Rat von Expertengremien; beispielsweise haben fast alle Fachprogramme des BMBF einen wissenschaftlichen Beirat. Auch das 1992 ins Leben gerufene britische *Technology Foresight Programme* stützte sich stark auf die Arbeit von Expertengremien.[51] Der deutsche Wissenschaftsrat, der sich 1994 für eine Prospektion der Forschung ausgesprochen und 1998 eine erste Pilotstudie vorgelegt hat, arbeitet vor allem mit diesem Instrument.

Quellen:

Wissenschaftsrat, *Empfehlungen zu einer Prospektion der Forschung*, Köln 1994
Gespräche mit Praxiskennern, z. B. Manfred Fischedick (Wuppertal Institut), Hr. Siebenbrock (BMBF, Referat Förderverfahren und Projektträger), Prof. Hartmut Graßl (MPI für Meteorologie Hamburg)

4.5.2 Trendbeobachtung

> In vielen Forschungsgebieten nimmt die Zahl der Veröffentlichungen rasch zu. [...] Für einzelne Wissenschaftler, aber auch für Forschungsförderer wird es zunehmend schwieriger, einen Überblick über wichtige Entwicklungen jenseits von Spezialgebieten zu gewinnen. Eine Orientierungsfunktion können in diesem Fall quantitativ-statistische Verfahren übernehmen; als ein Teilbereich der Informationswissenschaften hat sich die Bibliometrie herausgebildet, die es ermöglicht, Literatur- und Patentdatenbanken nach bestimmten Suchkriterien auszuwerten und auf diese Weise z. B. thematische Schwerpunkte und Trends, ‚kognitive Strukturen' einzelner Wissensgebiete und schleichend sich vollziehende Veränderungen in Forschung und Technologie mit quantitativen Methoden zu identifizieren.
>
> Wissenschaftsrat (1998), *Pilotstudie zu einer Prospektion der Forschung*, S. 78

[50] Bei Irvine (1984) heißt es dazu auf S. 138: „[...] clear signs were evident during interviews with senior officals of a growing recognition of the limitations of peer review as a policy-making mechanism, espacially in relation to newly emerging fields (where there are often no peers who can be consulted for advice), and more generally because of problems experienced in setting inter-field priorities."

[51] Vgl. die Internetpräsenz http://www.foresight.gov.uk oder den Beitrag *Das britische 'Technology Foresight Programme'* von Ben Martin in Kaiser (1999).

Methodik Das konkrete Vorgehen hängt ganz davon, welche Art von Trends man beobachten möchte. Ist man daran interessiert, welche technischen Entwicklungsvorhaben derzeit in der Pipeline stecken, kann man Patentstatistiken analysieren oder auf der Basis von Experteninterviews Technologiebibliotheken anlegen. Ist man dagegen an der zeitlichen Entwicklung einzelner technischer Parameter interessiert wird man die entsprechende Zeitreihe aufgrund historischer Analogien in die Zukunft extrapolieren.
Aktuelle Trends in der Wissenschaft lassen sich in Forschungslandkarten visualisieren, die aufgrund von Co-Wort- oder anderen Publikationsanalysen erstellt wurden. Welche Gebiete neu aufkommende *Hot Spots* sind und welche Fragen aktiv angegangen werden, kann man aber auch herausfinden, indem man Kongresse verfolgt oder führende Experten um eine Einschätzung der aktuellen Forschungsziele ihres Faches bittet.

Stärken Trendanalysen liefern weitgehend operationalisierte, kurzfristig erreichbar scheinende Ziele.

Schwächen Trendanalysen sind angebotsfixiert, nicht nachfrageorientiert. Sie werden immer unzuverlässiger, je weiter sie in die Zukunft blicken. Radikale Sprünge bekommen sie nicht in den Blick. Die formaleren Methoden wie Patentanalysen eignen sich nur bedingt zur *Früh*erkennung. Wenn sich Trends im statistischen Datenmaterial nachweisen lassen, ist der Zug der Zeit schon abgefahren, zum Aufspringen ist es oft zu spät.

Einsatz Trendanalysen sind sehr verbreitet, insbesondere bei der Beobachtung der Technologie-Entwicklung. So gibt es beispielsweise beim VDI Düsseldorf, dem Projektträger des BMBF für Physikalische Technologien, eine eigene Abteilung für Technologiefrüherkennung.[52] Berühmt-berüchtigt sind die Technologiebibliotheken japanischer Unternehmensberatungen, die von weltweit agierenden Technologie-Scouts gefüttert wurden. Das niederländische Wirtschaftsministerium hat seine Trendbeobachtungen unter der griffigen Formel „Technologie-Radar“ zusammengefasst.[53] Für seine Patentanalysen ist in Deutschland das Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI Karlsruhe) bekannt.[54] Trendextrapolationen technischer Parameter – am bekanntesten ist derzeit wohl das Mooresche Gesetz, dass sich die Rechnerleistung aller zwei Jahre verdoppelt – sind in der FuE-Planung von Unternehmen gängige Praxis.
In der Wissenschaft beruht im Grunde die gesamte Selbststeuerung implizit auf Trendbeobachtungen – als Desiderate der Forschung, d. h. operative Wissensziele, erscheint nur, was Fachexperten für derzeit wichtig und erreichbar halten. Doch diese Trendeinschätzungen werden nur selten allgemein publik gemacht – eine der wenigen Ausnahmen ist die regelmäßig erscheinende Schrift *Perspektiven der Forschung und ihrer Förderung* der Deutschen Forschungsgemeinschaft. In jüngster Zeit gab es verschiedentlich Versuche, diese qualitativen Einschätzungen um quantitative bibliometrische Analysen zu ergänzen, da selbst bei ausgewiesenen Fachexperten der Überblick über ihr Fach zu schwinden scheint.[55]

[52] Vgl. http://www.vdi.de/tz-pt/zt/frueherkennung.html.

[53] Vgl. Rob Weterings, *Technologiebedarf und Technikvorausschau in den Niederlanden*, in Kaiser (1999).

[54] Resultate findet man z. B. in den jährlichen *Berichten zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands* des BMBF.

[55] Forschungslandkarten auf der Basis von Publikationsanalysen wurden z. B. verwendet in der *Pilotstudie zu einer Prospektion der Forschung anhand ausgewählter Gebiete*, Wissenschaftsrat Köln 1998.

4.5.3 Benchmarking

> Durch Benchmarking wird versucht, sich bei der Zielvorgabe an ‚Weltklassestandards' zu orientieren und die zur Erreichung dieser Zielsetzung notwendigen Methoden und Prozesse im eigenen Unternehmen zu implementieren.
>
> Péter Horváth (1996), *Controlling*, S. 396

Methodik Benchmarking dient der Entscheidungsvorbereitung, indem man feststellt, wo man selbst im Vergleich zu anderen steht. Daraus leitet sich der Veränderungsbedarf ab. Um operative Wissensziele für die Forschung festzulegen, ist es zunächst naheliegend, die Ergebnisse der Trendbeobachtungen einem Benchmarking zu unterwerfen. Forschungsfördernde Organisationen haben jedoch im Regelfall keinen direkten Durchgriff auf Forschungsprozesse, sondern nur einen indirekten über die Ressourcenallokation. Damit das Benchmarking seine Funktion der Entscheidungsvorbereitung erfüllen kann, ist es daher geboten, die Höhe der Forschungsaufwendungen für einen Vergleich heranzuziehen. Dafür muss man eine möglichst vollständige Sammlung der FuE-Programme anlegen, die in relevanten Ländern – z. B. USA, Japan, Großbritannien, Deutschland, Frankreich – aufgelegt werden. Dieses Datenmaterial kann man dann nach verschiedenen Gesichtspunkten auswerten:

- Welche Gebiete werden gefördert?
- Wie ist ihr relativer Anteil in den einzelnen Ländern?
- Welche Gebiete erhalten im weltweiten Durchschnitt die meisten Ressourcen?

Anhand von Zeitreihen-Analysen lässt sich erkennen, wie sich die Prioritäten im Zeitverlauf verschoben haben und welche Gebiete neu hinzugekommen sind. Aus der Feststellung der eigenen Position im Vergleich zu den anderen Nationen lassen sich dann Empfehlungen ableiten, wie die eigenen Prioritäten verändert werden sollten. Dabei können weitere Kriterien hinzugezogen werden, etwa die Resultate von Relevanzbaum-Analysen.

Stärken Benchmarking ist eine relativ simple Methode. Die benötigten Daten, zumindest über öffentlich finanzierte Programme, sind vergleichsweise gut zugänglich, z. B. via Internet.

Schwächen Die Vergleichbarkeit der Daten ist nicht unbedingt gewährleistet, da in den einzelnen Ländern unterschiedliche Etatisierungen vorgegenommen werden. Gleichartige Forschungen werden nicht selten über ganz verschiedene Wege gefördert. Man braucht also ein gewisses Hintergrundwissen über das Wissenschafts- und Technologiesystem der betrachteten Länder. Dies ist auch hilfreich, um zu beurteilen, ob die Struktur der Forschungausgaben wesentlich historische Gründe hat oder ob politischer Kuhhandel dafür verantwortlich ist, und welche Rolle Urteile über die Bedeutung der Forschungsgebiete bei den Budgetverhandlungen spielen. Rein aus der Höhe der Forschungsaufwendungen lässt sich nicht ablesen, warum Gebiete stärker oder schwächer gefördert werden.
Die Etatansätze und Statistiken über FuE-Aufwendungen sind meist nur relativ grob gegliedert, wobei die Gliederung bei angewandter, programmförmig organisierter Forschung oft detaillierter ist als bei Grundlagenforschung. Benchmarking erlaubt daher

nur, Aufwendungen für größere Forschungsgebiete zu spezifizieren, nicht aber für einzelne Forschungsfragen. Da Benchmarking nur eine Methode zweiter Ordnung ist – d. h., der Forschungsbedarf in bestimmten Gebieten wird nicht aus der Sache begründet, sondern mit den Einschätzungen anderer Nationen –, sollten unbedingt zusätzlich inhaltliche Argumente, wie sie etwa Relevanzbaum-Verfahren liefern, in die Prioritätsentscheidungen einfließen.

Einsatz Benchmarking ist als Methode weit verbreitet; insbesondere in Unternehmen wird Benchmarking vielfältig eingesetzt. Bei politischen Etat-Entscheidungen spielt das Argument: „Wir machen das jetzt auch!“ oft eine Rolle, wenn andernorts ein neues Programm aufgelegt wird. Systematische Erfassungen internationaler Forschungsprogramme sind jedoch eher selten, aber auch dafür gibt es Beispiele wie das im Anhang B beschriebene Zukunftstechnologien-Projekt.

4.5.4 Relevanzbäume

> Das Relevanzbaum-Verfahren besteht darin, für einen Problembereich eine sich verzweigende Systematik aufzubauen, die, von übergeordneten zu untergeordneten Gesichtspunkten fortschreitend, immer mehr ins Detail geht. Ein Problembereich wird so bis in seine Einzelelemente aufgefächert. In einer zweiten Stufe kann nun – jeweils für eine Ebene – eine Bewertung der Alternativen hinsichtlich ihrer ökonomischen Relevanz, ihrer Dringlichkeit, Realisierbarkeit o. ä. vorgenommen werden, um so zur Definition von Forschungsprojekten oder -bereichen zu gelangen.
>
> BMBW [Hrsg.] (1971), *Methoden der Prioritätsbestimmung III*, S. 237

Methodik Beim Relevanzbaum-Verfahren geht man von anzustrebenden obersten Zielen aus, etwa der Sicherung der nationalen Existenz oder der Errichtung geschlossener Stoffkreisläufe. Ausgehend von den obersten Zielen wird überlegt, welche Unterziele jeweils auf sie hinführen. Alle Unterziele, die auf ein Oberziel hinführen, werden mit Pfeilen mit diesem verbunden.

Das Verfahren lässt sich nun über beliebig viele Ebenen iterieren. Je nach Aufgabe wird man geeignete Zwischenebenen festlegen, die jeweils einen eigenen Charakter haben. Dabei nimmt der Mittelcharakter der Elemente nach unten hin zu – beispielsweise von Oberzielen wie der „Errichtung geschlossener Stoffkreisläufe“ über technische Mittel (z. B. „Einschmelzöfen für das Aluminiumrecycling“) hin zu dafür zu beantwortenden Forschungsfragen. Im Allgemeinen nimmt die Zahl der Elemente auf den unteren Ebenen zu. Um tatsächliche oder hypothetische Zweck-Mittel-Beziehungen zu ermitteln, muss man sich anderer Methoden bedienen, z. B. Kreativitätstechniken wie dem Morphologischen Kasten,[56] der Bionik oder Expertenbefragungen.

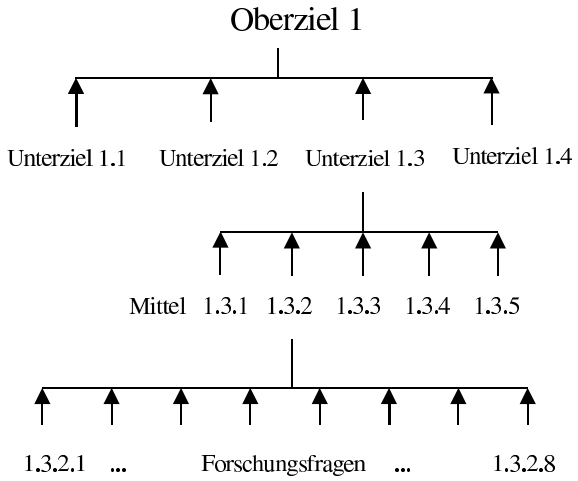

Abb. 4.2: Darstellung eines Relevanzbaumes

[56] Beim Morphologischen Kasten versucht man zunächst, die allgemeine morphologische Struktur potentieller Lösungen zu erkennen und dann für die Einzelkomponenten möglichst alle alternativen Realisie-

Es kommt häufig vor, dass ein Element Beiträge zu verschiedenen Elementen der darüber liegenden Ebene liefert. Nun kann man verschiedene Aufbauprinzipien wählen: Entweder, man zeichnet solche Elemente mehrfach ein, um die Baumstruktur zu wahren, oder man zeichnet ein sich nach oben verjüngendes Netz. Letzteres hat den Vorteil, dass man relativ leicht kritische Elemente ablesen kann, die zur Erreichung verschiedener Zielen essentiell sind. Handelt es sich dabei um Technologien, spricht man oft von kritischen Technologien oder Schlüsseltechnologien.
Um den Baum zu einem Relevanzbaum zu machen, muss nun noch die Relevanz der einzelnen Pfeile ermittelt werden. Dazu werden für jede Ebene Beurteilungskriterien festgelegt, die ein Gewicht[57] erhalten, und jeder Pfeil hinsichtlich der Erfüllung der Kriterien bewertet. Das Skalarprodukt aus Kriteriengewichtsvektor und Bewertungsvektor ergibt die Relevanz des Elements für die Erreichung des betrachteten Zwischenziels, wie in Tabelle 4.3 gezeigt. Bei der weiteren Auswertung existieren diverse Varianten des Modells.

Kriterium	Gewicht	Element auf Ebene i			
		i.1	i.2	...	i.n
A	q_A	s_{A1}	s_{A2}		s_{An}
B	q_B	s_{B1}	s_{B2}		s_{Bn}
C	q_C	s_{C1}	s_{C2}		s_{Cn}
...	...				
Z	q_Z	s_{Z1}	s_{Z2}		s_{Zn}
Skalarprodukt $\mathbf{q \cdot s}$		$\mathbf{r_{i1}}$	$\mathbf{r_{i2}}$		$\mathbf{r_{in}}$

s_{xn} ... Signifikanzzahl (Wie signifikant ist der Beitrag von Element n bezüglich des Kriteriums X?)
r_{in} ... Relevanzzahl (Welchen Beitrag liefert Element n auf Ebene i?)

Tabelle 4.3: Gewichtung im Relevanzbaum-Verfahren

Stärken Das Relevanzbaum-Verfahren erlaubt, die Zielführung von Mitteln abzubilden und sogar quantitativ zu vergleichen. Damit kann man auf methodisch geregelte Weise zu einer Prioritätensetzung kommen. Bei systematischer Aufstellung des Relevanzbaumes können Zweck-Mittel-Beziehungen recht vollständig erfasst werden. Das Verfahren gibt darüber hinaus Hinweise, welche Elemente „Schlüsseltechnologien“ oder „kritisches Wissen“ sind. Eingedenk der stets vorhandenen Forschungsunsicherheit erhält man zumindest eine Minimalschätzung des Technologie- und Wissensbedarfs zur Erreichung bestimmter Ziele.

Schwächen Die in den Relevanzbaum eingehenden Zielvorstellungen und Zweck-Mittel-Beziehungen müssen mit anderen Verfahren gewonnen werden. Wegen der besonderen

rungsmöglichkeiten aufzuschreiben. Beispielsweise könnte man die morphologische Struktur eines Fortbewegungsmittels als Antriebsmotor – Treibstofftank – Steuerung – Chassis – Sitz beschreiben, Alternativen für den Antrieb wären etwa Elektro-, Diesel-, Ottomotor, Muskelkraft und Rückstoßverbrennung. Näheres bei Jantsch (1967), 174ff.

[57] Üblichweise sind die Gewichte Zahlen zwischen 0 und 1, wobei die Summe aller Gewichte gleich 1 ist.

Rolle der dabei eigehenden Expertenschätzungen wurde die Befürchtung geäußert, die Anwendung des Relevanzbaum-Verfahrens verstärke technokratische Tendenzen in der Forschungspolitik.[58] Relevanzbäume lassen sich nur mit sehr hohem Aufwand so weit gliedern, dass in der untersten Ebene tatsächlich Forschungsprojekte oder Forschungsfragen auftauchen. Je größer die Gliederungstiefe, desto größer der Aufwand, um plausible Einschätzungen der Beurteilungskriterien zu erhalten. Ohnehin täuscht das formale Ausrechnen der Relevanzordnung eine Genauigkeit vor, die bei der Unsicherheit der eingehenden Daten gar nicht vorhanden ist. Die Beschaffung verlässlicher Informationen stellt ein großes Problem dar. Man wird oft an kognitive Barrieren stoßen, d. h. hypothetisch formulierte Zweck-Mittel-Beziehungen und Einschätzungen zu den Kriterien erweisen sich ex post oft als anders, aus ex ante attraktiv erscheinenden Zwischenzielen werden ex post oft sehr problematische oder unerreichbare. Relevanzbäume können der inhärenten Offenheit der Zukunft schlechter gerecht werden als andere Vorausschau-Methoden, die Bandbreite des Möglichen lässt sich kaum abbilden.

Einsatz Das Relevanzbaum-Verfahren war in den 60er und 70er Jahren als Planungsmethode in verschiedenen Spielarten verbreitet. Bekanntheit erlangte der Einsatz beim US-Konzern Honeywell unter dem Namen PATTERN,[59] mit dem die FuE-Agenda des Rüstungsunternehmens festgelegt wurde. Auch die *National Science Foundation* (NSF), der US-amerikanische Counterpart der DFG, hat in den 70er Jahren mit Relevanzbäumen zur Bestimmung von Forschungsprioritäten experimentiert.[60]
Aufgrund des hohen Aufwandes haben sich die formaleren Ausgestaltungen der Methode für die Selektion von FuE-Vorhaben (und deren Priorisierung) nicht bewährt. Daher wird häufig weniger formal vorgegangen: Man wählt zum einen angestrebte Ziele und dazu passende Kriterien aus, z. B. für das Ziel „signifikanter Beitrag zu Wirtschaftswachstum und Beschäftigungssicherung“ die Kriterien „hohes Marktpotential der Technologie“ und „gute eigene Ausgangsposition“. Zum anderen legt man eine Liste möglicher FuE-Vorhaben an, die auf Expertenbefragungen, Trendbeobachtungen etc. basiert. Anschließend wird betrachtet, wie gut die potentiellen FuE-Vorhaben den gewählten Kriterien genügen, wobei man entweder entweder Punkte vergeben oder ein K.o.-Verfahren anwenden kann. Auf Basis dieser Evaluation wird dann eine Prioritätenliste bestimmt. Diese vereinfachten Verfahren zur Auswahl von Schlüsseltechnologien und wichtigen Forschungsfelder sind weit verbreitet, z. B. in den USA und Italien.[61]

[58] Eine instruktive Einschätzung des Relevanzbaum-Verfahrens für die Prioritätensetzung in der Forschungspolitik liefert Hans Klump, *Probleme der 'Rationalisierung' der Prioritätensetzung in der Forschungsplanung durch die Anwendung formalisierter Entscheidungsverfahren*, in Wolfgang Pohrt [Hrsg.], *Wissenschaftspolitik – von wem, für wen, wie? Prioritäten in der Forschungsplanung*, Hanser München 1972.

[59] **P**lanning **A**ssistance **T**hrough **T**echnical **E**valuation of **R**elevance **N**umbers

[60] Laut Irvine (1984), S. 139, hat sich die Beratungsfirma Arthur D. Little in einer Studie für die NSF des Verfahrens bedient.

[61] Vgl. Office of Science and Technology, *National Critical Technologies Report*, Washington D.C. 1995, und Rosselli fondazione [Hrsg.], *National Priorities for Industrial Research. Synthesis*, Turin 1996.

4.5.5 Bionik

> Bionik als Wissenschaftsdisziplin befaßt sich systematisch mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme.
>
> Werner Nachtigall (1998), *Bionik*, S. XIII

Methodik Bionik beruht darauf, sich „Problemlösungen“ aus der Natur abzuschauen und zu fragen, inwiefern sie Vorbild für artifizielle Lösungen sein können. Das „Lernen von der Natur als Anregung für eigenständiges technisches Weiterarbeiten“, wie WERNER NACHTIGALL[62] es beschreibt, wird als Ideenquelle für die Technikgenese verstanden. Bionik kann aber genausogut zum Identifizieren von Wissensmöglichkeiten beitragen.

Stärken Bionik zeigt auf, was in der Natur „machbar“ ist, ohne dass der Mensch es selbst können muss. Sie ist ein ausgezeichnetes Kreativitätstraining, um Ideen und Anregungen für mögliche Zweck-Mittel-Beziehungen zu bekommen.

Schwächen Oft zeigt es sich, dass die in der Natur anzutreffenden konstruktiven Lösungen auf speziellen Gegebenheiten (z. B. Materialeigenschaften) beruhen, die man in menschlichen Artefakten nicht nachbauen kann.[63] Obgleich vieles in der Natur wunderbar eingerichtet scheint, sind auch Naturlösungen nicht immer optimal.[64] Auch die Bionik kann dem grundsätzlichen Mangel allen menschlichen Erkennens nicht abhelfen, dass der Mensch nur das wahrnimmt, wonach er sucht – damit man eine Naturlösung als Lösung wahrnimmt, muss man schon ein gewisses Problembewusstsein mitbringen. Die Bionik bietet dabei nur Anregungen für in der Natur realisierte Lösungen, Hypothetisches kommt nicht in den Blick. Hätten wir Kontakt mit Außerirdischen, könnten wir uns vielleicht auch die Frage stellen, wie das Raumschiff Enterprise mit seinem Worp-Antrieb und den Laserkanonen funktioniert. Da uns aber die Außerirdischen fehlen, bleibt nur der Blick in die Natur ...

Einsatz Bionik wird bisher vorwiegend als eine Konstruktionsmethode für technische Artefakte angesehen. Als Ingenieurfach geht sie nach der Art eines JOSEPH MONIER vor, der sich als Gärtner über die zerbrechlichen töneren Pflanztöpfe ärgerte und angesichts des beim Verwittern von Pflanzen sichtbar werdenden Parenchymskeletts auf die Idee kam, Pflanztöpfe aus einem zugfesten Stahlgeflecht und einem druckfesten Betonkörper

[62] Nachtigall (1998), S. XIII.

[63] Beispiel Fliegen: Die letztlich vom Menschen gewählte Lösung hat kaum etwas mit dem Vogelflug zu tun, obwohl dieser zunächst Pate stand. Federn und Flügel sind für Menschen ungeeignet. Beispiel Computer: Da Nervenzellen langsam sind und in hoher Zahl zur Verfügung stehen, liegt eine parallele Datenverarbeitung als Konstruktionsprinzip nahe. Elektronische Transistoren dagegen sind schnell und nur in begrenzter Zahl zu handhaben, so dass hier eine serielle Datenverarbeitung angemessener ist.

[64] So soll der große Physiker Hermann von Helmholtz einmal gesagt haben, wenn ihm ein Optiker ein so fehlerhaftes Instrument wie das menschliches Auge hätte verkaufen wollen, hätte er ihn sofort zur Tür hinausgeworfen. Die moderne Medizin ist zu einem guten Teil damit beschäftigt, die Konstruktionsmängel des menschlichen Leibes auszubügeln: Babys, deren Schädel nicht durch die enge Beckenöffnung ihrer Mutter passt, müssen per Kaiserschnitt befreit werden. Weil der verkürzte Kiefer bei vielen Menschen keinen Platz mehr für die Weisheitszähne lässt, bleibt oft nur der Gang zum Kieferchirurgen. Die Entfernung des funktionslos gewordenen Wurmfortsatzes, der zu Entzündungen neigt, gehört zu den Standardoperationen in Krankenhäusern. Der in der Evolution „nachträglich“ hinzugekommene menschliche Stimmapparat erhöht das Risiko, an Rachenentzündungen zu erkranken oder gar an verschluckten Gegenständen zu ersticken.

herzustellen.[65] Man könnte Bionik aber auch so auffassen, dass sie benennt, was die Natur schon alles „weiß“, was wir als Menschen aber (noch) nicht wissen bzw. können. In diesem Verständnis identifiziert Bionik gegenwärtiges (oder vergangenes) natürliches Wissen und deklariert dies als Wissensziel für das kodifizierte menschliche Wissen. Ein Beispiel aus der Geschichte ist das Fliegen: Man konnte schon lange an Vögeln beobachten, dass Fliegen möglich ist, aber man wusste nicht, wie Fliegen funktioniert. Aber durch das Vorbild der Natur konnte man sowohl das Erkenntnisziel, den Flugvorgang zu verstehen, als auch das technische Ziel, Menschen in die Lüfte zu erheben, formulieren. Die ersten Flugversuche des Menschen orientierten sich entsprechend auch am Vogelflug, später kam man jedoch auf völlig andere, erfolgreichere konstruktive Ideen.

Quellen:

Werner Nachtigall, *Bionik. Grundlagen und Beispiele für Naturwissenschaftler*, Springer 1998
Arnim von Gleich [Hrsg.], *Bionik. Ökologische Technik nach dem Vorbild der Natur?*, Teubner Stuttgart 1998
Ekkehard Zerbst, *Bionik. Biologische Funktionsprinzipien und ihre technischen Anwendungen*, Teubner Stuttgart 1987

4.5.6 Delphi-Methode

> The Delphi method consists of experts' judgement by means of successive iterations of a given questionnnaire, to show convergence of opinions and to identify dissent or non-convergence. Each iteration constitutes a 'round', and the questionnaire is the medium for the experts to interact.
>
> Grupp und Linstone (1999), *National Technology Foresight Activities Around the Globe*, S. 87

Methodik Wie bereits das Eingangszitat statuiert, besteht eine Delphi-Befragung aus mehren Runden: In der 0. Runde müssen die zu behandelnden Fragen festgelegt werden, die in den nachfolgenden Runden den Experten zur Beantwortung vorgelegt werden. Entweder legen die Organisatoren die Themen und Formulierungen selbst fest, oder alle Teilnehmer können eigene Vorschläge einbringen. Bei den regelmäßig stattfindenden japanischen Studien können in jeder Runde neue Themenvorschläge eingespeist werden, die dann auf Akzeptanz getestet und ggf. reformuliert werden. Verwendet man Delphi-Studien in Kombination mit anderen Vorausschau-Methoden (z. B. Backcasting), so ergeben sich die Fragen und Probleme (z. B. hinsichtlich Meilensteinen, Zielführung von Maßnahmen, Ausmaß des Wissensstandes in einem bestimmten Feld) aus den Erfordernissen der anderen Methoden.

Nach jeder Runde, in der alle Fragen durch die angeschriebenen Experten beantwortet wurden, wird eine Zwischenauswertung durch die Organisatoren vorgenommen: Diagramme visualieren die Streuweite der Antworten, Dissense und Konsense werden markiert und missverständliche Fragen revidiert. Alle Teilnehmer erhalten die Auswertung zugeschickt, um ihre eigenen Ansichten mit den Resultaten der Gesamtbefragung zu vergleichen und in einer weiteren Fragebogenrunde erneut zu vertreten oder zu revidieren. Im Prinzip lässt sich das Verfahren beliebig oft iterieren. Im Regelfall sind die Experten aber nach zwei Runden ermüdet; weitere Runden verbessern das Ergebnis nicht wesentlich. Unter Umständen ist es jedoch sinnvoll, in einer dritten Runde die Expertenvorstellungen von

[65] So erzählt Nachtigall (1998), S. 69, die Entstehungsgeschichte des Stahlbetons.

Nichtexperten beurteilen zu lassen. Das kann z. B. wichtig sein, um Marktchancen von Technologien bei Verbrauchern abzuschätzen. Gegebenenfalls kann es sich auch anbieten, dieselbe Studie in regelmäßigen Abständen durchzuführen oder mit differierenden Gruppen gleichzeitig.

Stärken Die indirekte, strukturierte Kommunikation der Delphi-Methode liefert die besten verfügbaren Einschätzungen, die zur Beurteilung langfristiger Entwicklungen (typischer Zeithorizont: 20 Jahre) zu bekommen sind. Gegenüber Expertenkommissionen hat sie den Vorteil breiter Teilnahmemöglichkeit; typischerweise werden mehrere tausend Experten befragt. Die Delphi-Methode erzwingt keinen Konsens, es kann bei dissenten Beurteilungen bleiben. Andererseits lösen etwaige abweichende Einzelmeinungen kognitive Prozesse aus: Wieso und warum gibt es disparate Meinungen, worauf fußen die anderen Überzeugungen? Da das Ausfüllen der Fragebögen anonym geschieht, haben die Teilnehmer die Möglichkeit, ihre Ansichten unter dem Einfluss konträrer Einschätzungen zu ändern, ohne das Gesicht zu verlieren. Eine hohe Beteiligung an Delphi-Befragungen führt nicht selten zu *Self-fulfilling Prophecies*. Wie die japanische Erfahrung zeigt, können Delphi-Studien Probleme auf der Forschungsagenda halten, die langfristig wichtig sind, aber nur selten politisch virulent werden (z. B. Erdbeben-Voraussage).

Schwächen Aufgrund der indirekten Kommunikationsweise haben die Organisatoren einer Delphi-Befragung keine Gewähr dafür, dass tatsächlich die angeschriebenen Experten die Fragebögen ausfüllen und nicht etwa einer ihrer Assistenten. Eine andere Schwäche ist darin zu sehen, dass Delphi-Studien eher ein Denken in aktuellen Trends als in möglichen Szenarien befördern. Ein sich später als ungenügend herausstellender Wissensstand führt daher nicht selten zu unzutreffenden Einschätzungen. Beispielsweise hat sich bei den aller 5 Jahre durchgeführten japanischen Delphi-Studien gezeigt, dass der erwartete Realisierungszeitpunkt für Fusionsreaktoren und Erdbeben-Vorhersagen von Mal zu Mal immer weiter in die Zukunft verschoben wurde, weil unterdessen neue Schwierigkeiten bekannt geworden waren. Auch die Delphi-Methode ist kein Prognoseverfahren!

Einsatz Die Delphi-Methode wurde nach dem Zweiten Weltkrieg in der *RAND Corporation* entwickelt und in USA zur strategischen Planung auf verschiedensten Einsatzfeldern benutzt. In Japan führt die *Science and Technology Agency* seit 1971 im Fünf-Jahres-Rhythmus großangelegte Delphi-Studien zur technologischen Vorausschau durch. Typische Fragen der japanischen Delphi-Studien betreffen:

- Einschätzungen von vorgegebenen Technologien hinsichtlich ihres Beitrags zur nationalen sozioökonomischen Entwicklung, zur Verbesserung der Lebensqualität und zur Lösung von Umweltproblemen

- Angaben von Meilensteinen, wann eine Technologie ein bestimmtes Entwicklungsstadium erreicht haben wird, z. B.: Wann werden Fusionsreaktoren technisch realisiert sein?

- Empfehlungen für Maßnahmen zur Realisierung der anvisierten Entwicklungsvorstellungen

1993, 1995 und 1998 wurden analog zu den japanischen Studien auch in Deutschland großangelegte Delphi-Studien zur technologischen Vorausschau durchgeführt. Danach hat der Auftraggeber BMBF die Befragungen jedoch eingestellt, da deren Ergebnisse nicht als politische Handlungsoptionen operationalisiert waren.[66]

Quellen:

BMFT, *Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik*, Bonn 1993
Hariolf Grupp, *Der Delphi-Report - Innovationen für unsere Zukunft*, DVA Stuttgart 1995
BMBF, *Delphi-Bericht 1995 zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik: Mini-Delphi*, 1995
FhG-ISI, *Delphi '98: Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik*, 1998
Kerstin Cuhls, *Technikvorausschau in Japan*, Dissertation FhG-ISI Karlsruhe 1998

4.5.7 Szenario-Technik

> Szenarien sind weder Prognosen, die sich lediglich auf quantitative Informationen aus Vergangenheit und Gegenwart beziehen, noch utopische Phantasien, wie sie z. B. in einer Zukunftswerkstatt entstehen. Die Szenariotechnik verbindet vielmehr quantitative Daten und Informationen mit qualitativen Informationen, Meinungen und Einschätzungen. Das Resultat ist eine detaillierte Beschreibung einer oder mehrerer möglicher Zukunftssituationen unter ganzheitlichem Aspekt.
>
> Olaf Albers und Arno Broux (1999), *Zukunftswerkstatt und Szenariotechnik*, S. 58

Methodik Das Ziel der Szenario-Technik ist es, denkbare Pfade in die Zukunft auszuloten und den Einfluss von Handlungen und Ereignissen auf mögliche Zukünfte aufzuzeigen. Neben der Vor- und Nachbereitung nennt Albers (1999), S. 60ff., als Hauptphasen der Szenariomethode:

- Problemanalyse
- Einflussanalyse
- Deskriptorenanalyse
- Entwicklung der Pfade
- Entwicklung von Strategien/Maßnahmen zur Problemlösung

Die *Problemanalyse* dient der Feststellung des Status quo. Neben Fakten, Zusammenhängen, Entwicklungstendenzen im betrachteten Feld muss auch ermittelt werden, weshalb der Zustand bzw. die Tendenz als Problem empfunden wird und wer davon betroffen ist. Die Problemanalyse sollte stets sowohl quantitative als auch qualitative Informationen enthalten und möglichst verschiedenartige Aspekte abdecken. Die zur Informationsbeschaffung genutzten Quellen sind je nach Problem und zur Verfügung stehenden Ressourcen auszuwählen, verbreitet sind Interviews, Literatur- und Trendanalysen.
Bei der *Einflussanalyse* geht es darum, die auf das Problemfeld einwirkenden Faktoren herauszufinden und ihren Einfluss zu gewichten. Der Analysevorgang kann durch den Einsatz von Kreativitätstechniken (Brainstorming, Brainwriting, Mindmapping, Metaplan) unterstützt werden. Als günstig hat es sich erwiesen, die ermittelten Einflussfaktoren in einer Matrix anzuordnen und in den Felder jeweils die Einflussstärken zu notieren (0/1/2 ...kein/mittlerer/hoher Einfluss). Durch Ermittlung der Aktivsumme (gibt an, wie stark ein Faktor andere beeinflusst) und der Passivsumme (gibt an, wie stark er von anderen beeinflusst wird) kann man erkennen, was treibende bzw. getriebene Faktoren sind.

[66] Vgl. den Bericht *Abschied von großen Zielen* in den VDI Nachrichten vom 19. 1. 2001, S. 1.

Bei der *Deskriptorenanalyse* gilt es, quantitative und/oder qualitative Kenngrößen zu finden, in denen der Zukunftsraum beschrieben werden soll. In einer Szenarioanalyse zur Zukunft des Verkehrs könnten die „Zahl zugelassener PKW“ und der „gesellschaftliche Status des Autos“ Beispiele für quantitative zw. qualitative Deskriptoren sein. Die Kenngrößen sollten operational definierte Fassungen der zuvor eruierten Einflussfaktoren sein. Die Deskriptoren sollten wertneutral benannt werden, damit der anschließende Entwurf der Szenarien nicht mit Vorurteilen belastet ist, die die Suche im Möglichkeitsraum einschränken. Anhand der Problem- und Einflussanalyse kann nun festgestellt werden, ob der Zeitverlauf jedes einzelnen Deskriptors durch eine eindeutige Dynamik festgelegt ist oder ob es alternative Entwicklungsmöglichkeiten gibt (und wovon diese abhängen) sowie auf welche Weise verschiedene Deskriptoren aufeinander wirken.
Die *Entwicklung der Szenarien* ist der eigentliche Höhepunkt der Szenario-Methode. Dazu werden ein (oder mehrere) Pfade in die Zukunft entwickelt und anhand der Deskriptoren beschrieben. Hat man viele quantitative und stark gekoppelte Deskriptoren, so ist es sinnvoll, ein Computermodell zu bauen, um den Einfluss der verschiedenen Deskriptoren auf den Gesamtzustand zu verfolgen; hat man dagegen vorwiegend ungekoppelte qualitative Deskriptoren, kann man auch mit schriftlichem *Scenario Writing* arbeiten. Häufig beschränkt man sich auf drei Szenarien (Pfade) – ein Trend-Szenario, ein Positiv- und ein Negativ-Szenario. Jedes einzelne Szenario sollte nach Reibnitz (1992), S. 28, folgenden Bedingungen genügen:

- Größtmögliche Stimmigkeit, Konsistenz und Widerspruchsfreiheit innerhalb eines Szenarios. Einzelne Entwicklungen dürfen sich nicht gegenseitig aufheben. Jedes Szenario sollte einem zentralen Leitgedanken („Philosophie“) verhaftet sein.

- Größtmögliche Stabilität von Szenarien, d. h., die Szenarien dürfen bei kleinen Veränderungen einzelner Faktoren nicht in sich zusammenbrechen.

- Größtmögliche Unterschiedlichkeit der ausgewählten Pfade, um den Möglichkeitsspielraum auszuloten.

In der *Strategiephase* sollen Konsequenzen aus den entwickelten Szenarien gezogen sowie Handlungs- und Gestaltungsstrategien entworfen werden. Ziel ist es, gewünschte Entwicklungslinien zu forcieren und Unerwünschtem entgegenzutreten. Hier gilt es herauszufinden, welche Strategien und Maßnahmen welchen Einfluss auf den Gesamtzustand des Systems nehmen. Im Allgemeinen muss diese Analyse iterativ mit der Szenarienentwicklung verkoppelt werden. Setzt man die Szenario-Technik zur Wissensvorausschau ein, gilt es abschließend, den aus den Szenarien resultierenden Wissensbedarf abzuschätzen – zu klärende Forschungsfragen und deren Wichtigkeit zu identifizieren.

Stärken Die Szenario-Methode erlaubt es in besonderer Weise, der Offenheit der Zukunft gerecht zu werden. Alternative Szenarien leuchten die Bandbreite möglicher Zukünfte und deren Abhängigkeit von alternativen Handlungsmöglichkeiten aus. Durch den Einsatz von so genannten *Wildcarts*, d. h. denkbaren, aber nicht planbaren Ereignissen wie

Katastrophen, können denkbare, aber nicht prognostizierbare Zukünfte aufgezeigt und die Krisenfestigkeit eines Szenarios getestet werden.[67]

Schwächen Verschiedene Szenarien zum selben Problemkreis sind nur bedingt vergleichbar, zum einen wegen der nicht selten hohen Komplexität der Modelle, zum anderen, weil Deskriptoren und Einschätzungen von partikularen Interessen und Erfahrungshintergründen der erstellenden Gruppe geprägt sind. Szenarien enthalten stets subjektive Einschätzungen, die von unbeteiligten Dritten oft nicht geteilt werden. Externe haben daher oft nur wenig von einem fertigen Szenario, das ihnen präsentiert wird. Der Hauptnutzen der Entwicklung eines Szenarios liegt darin, dass es als als Vehikel für Kommunikationsprozesse in der beteiligten Gruppe dienen kann, um in der Gruppe eine gemeinsame, kohärente Vorstellung des Zukunftsraumes zu entwickeln und präsent zu haben.

Einsatz HERMANN KAHN entwickelte in den 50er Jahren die Szenario-Technik, zuerst in verteidungsbezogenen Projekten der *RAND Corporation*. In Frankreich vertrat vor allem der Soziologe BERTRAND DE JOUVENEL die Szenarienanalyse unter dem Namen „La Prospective“, die z. B. von Planungsorganisationen wie DATAR (franz. Amt für Raumplanung und Regionalentwicklung) verwendet wurde. Prominenz erlangte die Szenario-Analyse durch den erfolgreichen Einsatz in Unternehmen. Beispielsweise gelang es Shell auf diese Art, sich rechtzeitig auf die Auswirkungen der Ölkrise vorzubereiten.
Gegenwärtig wird die Szenariotechnik vor allem von Unternehmen (z. B. in der Abteilung „Gesellschaft und Technik“ von DaimlerChrysler in Berlin) und beratend tätigen Forschungsinstituten (z. B. IIASA) zur Untersuchung von langfristigen technologischen und damit verbundenen sozio-ökonomischen Entwicklungen eingesetzt. Insbesondere zur Entwicklung des (Welt-)Energiesystems gibt es zahlreiche Szenarien, so dass es hier sogar möglich ist, diese systematisch zu vergleichen und auf diese Weise herauszuarbeiten, welche technologischen Ziele unisono für wichtig und möglich gehaltenen werden.[68]

Quellen:

Uwe Götze, *Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung*, Dissertation Uni Göttingen 1990, S. 71ff.
Ute von Reibnitz, *Szenariotechnik*, Gabler Wiesbaden 1992
Olaf Albers und Arno Broux, *Zukunftswerkstatt und Szenariotechnik*, Beltz Weinheim 1999
L. Schrattenholzer, *Technology Clusters in Sustainable-Development Scenarios*, IIASA 2001
Gespräche mit Praktikern: Manfred Fischedick (Wuppertal Institut), André Metzner/Stefan Pfahl (DaimlerChrysler)

4.5.8 Backcasting

> The major distinguishing characteristic of backcasting analysis is a concern, not with what futures are likely to happen, but with how desirable futures can be attained. It is thus explicitly normative, involving working backwards from a particular desirable future end-point to the present in order to determine the physical feasibility of that future and what policy measures would be required to reach that point.
>
> John Robinson (1990), *Futures Under Glass. A Recipe for People who Hate to Predict*, S. 822f.

[67] So hat beispielsweise die Zukunftsforschungsabteilung „Gesellschaft und Technik“ der Daimler-Benz AG in den 80er die *Wildcart* „Mauerfall“ eingesetzt; vgl. den Essay des Leiters dieser Abteilung, PROF. ECKARD MINX, im SPIEGEL 14/2000, S. 155f.

[68] Vgl. dazu L. Schrattenholzer, *Technology Clusters in Sustainable-Development Scenarios*, IIASA Laxenburg 2001.

Methodik Ausgangspunkt des Backcastings sind allgemein akzeptierte Zukunftsbilder, z. B. das der Nachhaltigkeit. Ausgehend von einem solchen Zukunftsbild müssen Zielrichtungen abgeleitet werden, z. B. die drastische Erhöhung der Ökoeffizienz. Die Hauptaufgabe besteht nun darin, aus einer hypothetischen Zukunft rückwärtsblickend realistische Wege aufzuzeigen, die in den Zielrichtungen verlaufen.

In einer Reihe von Zusammenkünften verständigt sich eine multidisziplinäre Expertengruppe auf ein Zukunftsbild und beschreibt rückblickend den Weg dorthin. Dabei kommt es wesentlich auf Kreativität an, denn Backcasting soll helfen, aus dem Denken in Trends und Gewohnheiten auszubrechen. Deshalb sind kreativitätssteigernde Methoden wie Analogie-Bildungen einzusetzen sinnvoll, wie Tassoul (1998) eindrucksvoll schildert. Um am Ende zu operationalisierten Zielen zu kommen, ist es hilfreich, eine zeitlich gegliederte Meilensteinplanung *(Roadmap)* zu erstellen, in die allerdings Ergebnisse einer Analyse der Angebotsseite eingehen müssen, um keine „Luftschlösser“ zu bauen. Die Resultate müssen vor einer multidisziplinären Expertenkonferenz verteidigt und diskutiert werden.

Stärken Backcasting ist stark am gesellschaftlichen Bedarf orientiert, insbesondere an wünschenswerten Zukünften, die man ihrerseits z. B. vermittels Zukunftswerkstätten identifizieren kann. Backcasting ist ein damit ein richtungssicheres Instrument. Da der primäre Fokus auf dem *Demand Pull* liegt, kann Backcasting den Bedarf an sprunghafter Technologie-Entwicklung artikulieren, der bei einer *Technology-Push*-Perspektive nicht in Blick gerät (die dafür die Chancen inkrementaler Verbesserungen besser einschätzen kann). Bei geeigneter Kombination sektoraler Backcasting-Prozesse wird es möglich, System- und Synergieeffekte zwischen verschiedenen Entwicklungssträngen zu identifizieren, deren Kenntnis für Relevanzbäume oder die Analyse kritischer Technologien und Pfade wichtig ist. Wenn die Backcasting-Analyse mit der Angebots-Seite verknüpft wird, also etwa mit Delphi-Vorausschauen auf FuE-Zeithorizonte, kann sie zu realistischen Forschungsagenden führen.

Schwächen Wenn kein Abgleich mit der Angebotsseite erfolgt, kann Backcasting zum Bau von Luftschlössern führen. Generell kann Backcasting nur bei sehr langfristigen Betrachtungen eingesetzt werden, bei denen angenommen werden kann, dass die Offenheit der Zukunft groß genug ist, um auf wünschenswerte Zustände hinwirken zu können.

Einsatz Robinson (1982) schreibt die Idee Amory Lovins zu, der rückwärtsblickende Szenarien zuerst in Studien zur Zukunft des Energiesystems benutzt habe. Der Ausdruck „Backcasting“ wurde 1982 von Robinson eingeführt. In den 90er Jahren wurde Backcasting vor allem in den Niederlanden und Skandinavien zur Bestimmung von FuE-Agenden in verschiedensten Sektoren, z. B. Verkehr und Textilien, eingesetzt, um dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung näher zu kommen.[69] Dreborg schreibt zu den Anwendungsbedingungen von Backcasting:

[69] Vgl. u. a. Leo Jansen, *Das niederländische Programm für nachhaltige Technologieentwicklung*, in Kaiser (1999).

Typically backcasting is applied on long-term complex issues, involving many aspects of society as well as technological innovations and change. The focus of interest is on a perceived societal problem of great importance such as the vast and growing impacts of transports on the environment. [...] Given this point of departure, the following characteristics favour backcasting:

- when the problem to be studied is *complex*, affecting many sectors and levels of society;
- when there is a need for *major change*, i. e. when marginal changes within the prevailing order will not be sufficient;
- when *dominant trends are part of the problem* – these trends are often the cornerstones of forecasts;
- when the problem to a great extend is a matter of *externalities*, which the market can not treat satisfactorily;
- when the time horizon is long enough to allow considerable scope for *deliberate choice*

Karl Dreborg (1996), *Essence in Backcasting*, S. 814/816

Quellen:

John Robinson, *Energy Backcasting. A Proposed Method of Policy Analysis*, Energy Policy (Dez. 1982), S. 337 - 344
John Robinson, *Futures Under Glass. A Recipe for People who Hate to Predict*, Futures (Okt. 1990), S. 820 - 842
Karl Dreborg, *Essence of Backcasting*, Futures **28** (1996) No 9, S. 813 - 828
Marc Tassoul, *Making Sense with Backcasting*, Creativity and Innovation Management **7** (1998) No 1, S. 32 - 45

4.5.9 Zukunftswerkstätten

Die Werkstatt selbst beginnt mit der Kritikphase, in der wir Unmut, Kritik, negative Erfahrungen zum Werkstatt-Thema äußern, auf den Papierbogen mitschreiben und schließlich zu Themenkreisen ordnen.
Es folgt die Phantasiephase, in der auf die vorgebrachte Kritik mit eigenen Wünschen, Träumen, Vorstellungen, alternativen Ideen geantwortet wird und von denen dann die interessantesten Einfälle ausgewählt und in kleinen Arbeitsgruppen zu Lösungsvorschlägen (utopischen Entwürfen) ausgearbeitet werden.
Mit der abschließenden Verwirklichungsphase kehren wir in die Gegenwart mit ihren Machtverhältnissen, ihren Gesetzen und Verordnungen zurück; in ihr prüfen wir die Durchsetzungschancen für unsere Entwürfe kritisch, indem wir die Hindernisse (z. B. durch Lektüre oder Expertenurteile) herausfinden und ihre Überwindung wiederum mit viel Phantasie angehen, eine Aktion oder ein Projekt planen.

Robert Jungk und Norbert Müllert (1981), *Zukunftswerkstätten*, S. 21f.

Methodik Jungks Konzept der Zukunftswerkstatt war ursprünglich dazu gedacht, betroffene Laien an Planungsprozessen zu beteiligen. Die Methode ist aber auch geeignet, um mit Experten als Teilnehmern zu arbeiten. Die Gruppengröße sollte 15 - 25 keinesfalls überschreiten, damit jeder die Chance zu Wortmeldungen hat. Eine Zukunftswerkstatt umfasst neben Vor- und Nachbereitung drei Hauptphasen: Kritik, Phantasie und Verwirklichung. Ideal ist eine dreitägige Veranstaltung, z. B. Freitagabend Kritikphase, ganzer Samstag Phantasiephase, Sonntag Verwirklichungsphase.
In der Vorbereitungsphase muss der Veranstalter das Thema festlegen, die Veranstaltung ankündigen und nach geeigneten Teilnehmern suchen. Ein kreativitäsfreundlicher Ort und eine Kennenlernphase für die Teilnehmer vor dem eigentlichen Beginn werden die Ergebnisse positiv beeinflussen. In der Kritik- und Phantasiephase ist es wichtig, dass kein Beitrag, etwa wegen mangelnder Realisierbarkeit, kritisiert wird! Dieser Schritt ist auf die Verwirklichungphase verschoben. Für die Kritikphase eignet sich *Brainstorming* als

Methode; in der Phantasiephase kann der Einsatz von Kreativitätstechniken helfen, um aus gewohnten Bahnen des Denkens auszubrechen. Zum Festhalten der Ergebnisse hat sich die Metaplan-Technik bewährt; die stichwortartige Notierung der Beiträge erlaubt eine ständige optische Vergegenwärtigung des Diskussionsstandes. Ausserdem erlaubt das Notieren auf Karteikärtchen später das thematische Clustern von Beiträgen und deren Gewichtung, indem die Teilnehmer Bewertungspunkte verteilen. In der Nachbereitungsphase sollte ein Protokoll der Werkstatt angefertigt und ein Vorschlag zum weiteren Procedere unterbreitet werden. Detailliertere Hinweise zur Gestaltung einer Zukunftswerkstatt gibt Jungk (1981), S. 73ff., im Kapitel „Die Phasen der Werkstattarbeit“.

Stärken Eine Zukunftswerkstatt erlaubt die Artikulation eines latenten Bedarfs und das Entwerfen wünschbarer Zukünfte (Visionen). Sie befreit vom Denken in Trendextrapolationen. Betroffene und Nichtexperten können in den Zielfindungsprozess eingebunden werden. Zukunftswerkstätten bedürfen keiner besonderen Voraussetzungen.

Schwächen Zukunftswerkstätten produzieren oft unrealistische Zielvorstellungen, deren Nichterreichbarkeit zu Frustration führen kann. Der meist lange und schwierige Weg zur Umsetzung der Vision muss mit anderen Methoden ermittelt werden. Eine Zukunftswerkstatt liefert selbst im Allgemeinen keine Wissensziele, die ergeben sich erst, wenn man bei der Planung der Umsetzung der gewünschten Zukunft auf Wissensdefizite stößt.

Einsatz Das Konzept stammt von Robert Jungk, der in Jungk (1981), S. 43ff., auch einige eigene Einsatzbeispiele nennt. In reduzierter oder abgewandelter Form werden Zukunftswerkstätten bei nicht wenigen Planungsvorhaben praktiziert; sie sind auch oft Teil anderer Vorausschau-Verfahren (z. B. Backcasting, Expertenkomissionen), ohne das dies explizit erwähnt wird.

Quellen:

Robert Jungk und Norbert Müllert, *Zukunftswerkstätten*, Hoffmann & Campe Hamburg 1981
Olaf Albers und Arno Broux, *Zukunftswerkstatt und Szenariotechnik*, Beltz Weinheim 1999

4.5.10 Empfehlung für einen Methodenmix

Eine realistische Vorausschau darf sich nicht auf eine Methode verlassen, sondern muss verschiedene Verfahren kombinieren. Insbesondere müssen Bedarfsermittlung (*Demand Pull*) und Angebotsseite (*Science Push*) abgeglichen werden. In die Bedarfsermittlung und vor allem in die Gewichtung von Entwicklungszielen gehen Wertentscheidungen ein, deren Offenlegung die wissenschaftliche Redlichkeit gebietet. Aufgrund der unvermeidlichen Unsicherheit von Wissensprognosen gibt es immer „kognitive Barrieren“, die je nach Ausmaß zu späteren dynamischen Revisionen hinsichtlich der Beurteilung des Machbaren führen (müssen) – je mehr Vorwissen vorhanden ist, desto kleiner die Unsicherheit.

Nachfolgend soll ein Vorschlag für einen Methodenmix unterbreitet werden, der den obigen Einsichten folgt und vier Bausteine kombiniert:

- Bedarfsermittlung
- Angebotsermittlung

- Gewichtung
- Implementierung

1) Ermittlung des Wissensbedarfs: Wissensmanagement geht vom Wissensbedarf aus, der sich aus der Realisierung angestrebter Zukunftsvorstellungen ergibt. Wünschbare Zukünfte lassen sich in *Zukunftswerkstätten* entwerfen. Mit *Szenarien* und *Backcasting-Analysen* kann man herausfinden, welche denkbaren Wege von heute aus in die gewünschte Richtung führen könnten bzw. welche nicht dorthin führen. Die Konkretisierung von zielführenden Zukunftspfaden kann nicht ohne Abgleich mit dem Wissensangebot geschehen. Dabei wird man etwaiger Wissenslücken und notwendiger Sprünge in der Technologie-Entwicklung gewahr. Bei der weiteren Beurteilung von Lösungsschritten genügt nicht allein die Analyse der Machbarkeit, sondern es müssen auch die sozio-ökonomischen Auswirkungen betrachtet werden (Technikfolgenabschätzung).
2) Ermittlung des Wissensangebots: Um bei der Bestimmung operativer Forschungsziele konkreter und zugleich realistisch zu werden, muss man auch die Angebots-Seite in Betracht ziehen. *Expertenkommissionen* und *Delphi-Studien* sind gute Instrumente der Informationsbeschaffung, um herauszufinden, welche Zukunftspfade realistisch sind, was mit welchem Aufwand in welchem Zeithorizont machbar erscheint, wie wichtig einzelne Zwischenschritte für die Zielerreichung sind und welcher Forschungs- und Entwicklungsbedarf daraus resultiert. *Bionik* und andere kreativitätssteigernde Verfahren können dabei helfen, Alternativen zu gängigen (technischen) Lösungsmustern in Erwägung zu ziehen. Durch *Trendbeobachtungen* kann man herausfinden, woran aktuell geforscht und entwickelt wird.
3) Gewichtung: In einem dritten Schritt kann man mit *Relevanzbäumen* arbeiten, um die eruierten Ziele und Mittel so anzuordnen, dass man nach Schlüsselfragen, kritischen Pfaden und Systemeffekten fahnden kann. Auf diese Weise erhält man ein Gefühl für die Wichtigkeit der einzelnen Lösungskomponenten und der anzustrebenden Zwischenziele. Besonders vordringlich sind FuE-Vorhaben, die Schlüsselrollen einnehmen, als wesentlich erkannte Unsicherheiten beheben oder einen hohen Zielführungsgrad versprechen.
4) Implementierung: Zum Schluss kann man anhand eines *Benchmarkings* feststellen, wie heute die (eigenen und fremden) FuE-Prioritäten gesetzt sind und in welche Richtung man sie verändern sollte, um den gewünschten Zukünften näher zu kommen. Um die Wissensziele zu operationalisieren, bietet sich die Entwicklung von *Roadmaps* für die als wichtig identifizierten Handlungsstränge an, die Meilensteine festlegen, bis wann was herausgefunden bzw. technisch erreicht sein sollte. Die *Roadmaps* sollten auf den im Backcasting identifizierten, zielführenden Zukunftspfaden beruhen, und hinsichtlich der zeitlichen Meilensteine aber die Ergebnisse der Angebots-Analyse (Expertenkommissionen und Delphi-Studien) berücksichtigen.

Da alle zukunftsbezogenen Aussagen inhärent unsicher sind, sollte man das Verfahren regelmäßig wiederholen. Eine einzelne Vorausschau-Aktivität kann kaum Wirkung entfalten. Erforderlich ist ein regelmäßiges Nachführen, d. h. eine Kontrolle, ob die eingeschlagenen Maßnahmen in die richtige Richtung führen und ob die einst gesetzten Meilensteine erreicht werden, sowie natürlich in größeren zeitlichen Abständen die Meta-Redetermination, ob die Zukunftsvisionen und Zielrichtungen noch adäquat sind, sowie entsprechende Anpassungen bei Maßnahmen, Pfaden, Richtungen und Visionen.

Zum Abschluss noch die fünf Konsequenzen zum Geleit, die BEN MARTIN und JOHN IRVINE aus ihren vergleichenden Untersuchungen zu Methoden der Forschungsvorausschau gezogen haben:

1) The first [lesson] is that, to stand any real chance of success, attempts to identify areas of basic research having long term strategic importance need to be informed by up-to-date background information on research trends throughout the world's main industrial nations, and covering academic, government and industrial research sectors. [...]

2) Secondly [...], the reliable identification of emerging areas of strategic research is greatly facilitated by adopting an approach that fully integrates ‚science-push' and ‚demand-pull' perspectives. [...] successful innovation normally depends on coupling scientific and technological advances with changed market demands. [...]

3) Related to this is a third lessons – the advantages of adopting a bottom-up approach to forecasting rather than the centralised top-down approach often favored by government. [...] Apart from being dependent on a narrower range of information inputs, top-down forecasts and the resultant research policies are more likely to antagonize not only the basic science community (which may feel that it has been inadequately consulted in the foresight process), but also industry (which naturally tends to feel that it is in the best position to judge the commercial prospects for strategic research).

4) The role of government ministries and agencies should be confined to the identification of broad trends only [...], leaving industrial associations and individual firms to carry out more specific forecasts relating to the identification of new products and processes and the markets for them.

5) The last and arguably the most valuable lesson from the STA and MITI forecasts is that the main benefit of such exercises is not so much the specific forecasts they yield [...] rather, their importance lies in the *process* by which the forecasts are generated. A number of distinct aspects of this can be identified:

   (a) bringing together disparate groups of people (academics, industrial researchers from different sectors, policy-makers, professional forecasters and scientific commentators), and providing a structure within which they can communicate directly or indirectly (through a Delphi-style forecast) with each other.

   (b) forcing them periodically to concentrate seriously and systematically on the long-term future

   (c) enabling them to co-ordinate their future R&D-activities

   (d) creating a measure of consensus on future priorities for strategic research

   (e) and, most importantly, generating a feeling of *commitment* to the results of the forecasts, so that the predictions made are likely to become largely self-fulfilling.

Ben Martin und John Irvine (1984), *Foresight in Science*, S. 142f.

4.6 Schlussfolgerung: Wissensbedarf mit *Foresight* erkennen

Unter der Überschrift „Wissensbedarf" wurden in diesem Kapitel die beiden Bausteine *Wissensziele* und *Wissensidentifikation* der betrieblichen Wissensmanagement-Diskussion behandelt und auf das deutsche Wissenschaftssystem übertragen. Nun gilt es, das Beschriebene auf die entsprechende Leitfrage dieser Arbeit zu beziehen: *Ist das deutsche Wissenschaftssystem in einer geeigneten Verfassung, um für die Lösung gesellschaftlich relevanter Probleme fruchtbar zu sein? Werden insbesondere drohende Gefahren, die von der wissenschaftlich-technischen Entwicklung ausgehen, von der Wissenschaft rechtzeitig antizipiert?*

Die Zukunft ist inhärent offen. Insbesondere die weitere wissenschaftlich-technische Entwicklung ist nicht in toto vorhersehbar. Es wird daher immer wieder zu Überraschungen kommen, etwa in Form nicht-intendierter Nebenwirkungen technischer Handlungen. Wie das im Abschnitt 4.2.1 geschilderte Beispiel des Klimaproblems zeigt, hat der wissenschaftlich-technische Fortschritt nicht nur Segnungen gebracht, sondern auch die großen Herausforderungen mitverursacht, vor denen wir heute stehen. Nun wäre es jedoch törricht, die Wissenschaft deswegen zu verdammen, denn der einzige Weg, heranziehende Schwierigkeiten rechtzeitig festzustellen, ist wissenschaftliche Beobachtung. In der Vergangenheit hat die Wissenschaft die von ihr mitverursachten Probleme jedoch oft erst entdeckt, als sie bereits auf den Nägeln zu brennen begannen. Man hat offenkundig systematisch zu spät die richtigen Fragen gestellt. Was lernen wir daraus?

a) Die Wissenschaft muss angeregt werden, in jeden nur erdenklichen Winkel zu schauen, um potentielle Probleme frühzeitig zu detektieren. Die Politik kann hier innerhalb bereits erkannter Probleme Vorgaben an die Forschung formulieren. Zur Entdeckung neuer Schwierigkeiten ist jedoch die freie Entfaltung der Forschung in Bohrs und Linnés Quadrant notwendig, um neue Ideen zu entwickeln, wohin man noch schauen könnte, bzw. um neue Phänomenbereiche durch Beobachtung zu erschließen. Die dafür unverzichtbare Selbststimulation der Forschung ist zudem wichtig, um Validität und Solidität der Forschungsergebnisse gemäß den als normative Wissensziele definierten Ansprüchen an wissenschaftliches Wissen zu prüfen.

b) Man braucht einen Prozess, der die jüngsten Forschungsergebnisse systematisch aufnimmt und insbesondere prüft, ob sich daraus Hinweise auf negative Rückwirkungen menschlichen Tuns auf die eigenen Handlungsvoraussetzungen ergeben. In anerkannten Problemfeldern wird diese Aufgabe durch die so genannte Innovations- und Technikanalyse wahrgenommen, die Ausdruck der von Ulrich Beck geforderten ‚reflexiven Moderne' geworden ist. Ein wirklich systematischer Suchprozess ist aber bislang weder in Deutschland noch in einem anderen Land institutionalisiert.

c) Im Regelfall sind neue Probleme zu Beginn nur unzureichend verstanden. Es müssen daher Forschungen in Pasteurs Quadrant angeregt werden, die sowohl zu einer Verbesserung des Problemverständnisses als auch zum Aufzeigen von Handlungsoptionen für die Praxis führen.

d) Die typischerweise sehr komplexen Probleme können nicht von einer einzelnen Fachwissenschaft analysiert werden. Um integrierte Lösungswege handlungswirksam aufzeigen zu können, bedarf es neben profunder Sachkenntnis in den Spezialgebieten vor allem der Zusammenführung von Wissen aus verschiedensten Bereichen. Hierfür ist ein rascher Zugang zu neuem und altem Wissen aus verschiedensten Wissensgebieten unverzichtbar. Diese Aufgabe kann nur von Generalisten erfüllt werden, die eine multidisziplinäre Ausbildung genossen haben.

Diesen Wissenszielen korrespondiert die *Position der sozialen Relevanz von Wissenschaft*, die von dem zentralen Gedanken ausgeht, dass Wissenschaft im Dienste der Gesellschaft steht. Ihre Aufgaben kann die Wissenschaft jedoch dann am besten erfüllen, wenn sie als funktional differenziertes System teilautonom ihrer Aufgabe nachkommt, verlässliches Wissen zu produzieren, zu tradieren und zu bewahren.

Wegen des Effizienzdrucks, der im *Steady State* herrscht, müssen aus der Palette identifizierter Probleme und denkbarer Lösungsansätze die wichtigsten bzw. erfolgversprechendsten ausgewählt werden. Da innerhalb des zur Verfügung stehenden Strukturwissens *Foresight* möglich ist, kann eine Abwägung zwischen verschiedenen erfolgversprechenden Lösungsansätzen erfolgen. Im Abschnitt 4.5.10 wurden einige der dafür in Frage kommenden Methoden vorgestellt und ein Vorschlag für eine sinnvolle Kombination der verschiedenen Methoden unterbreitet.
Nach der Definition operativer Wissensziele kommt es darauf an, die Forschung auf die als prioritär eingestuften Fragen zu lenken. Damit beschäftigt sich das anschließende Kapitel 5. Das Kapitel 6 behandelt dann den Transfer und Kapitel 7 die Bewahrung und Bewertung gewonnenen Wissens.

Kapitel 5

Steuerung der Wissensproduktion

> Im Mittelpunkt der Wissensentwicklung steht die Produktion neuer Fähigkeiten, neuer Produkte, besserer Ideen und leistungsfähigerer Prozesse. Wissensentwicklung umfaßt alle Managementanstrengungen, mit denen die Organisation sich bewußt um die Produktion bisher intern und extern noch nicht existierender Fähigkeiten bemüht.
>
> H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto (1998), *Wissensmanagement*, S. 28

In der Debatte um betriebliches Wissensmanagement spielt die Wissensproduktion meist keine sehr prominente Rolle. Viele Autoren stellen sich auf den Standpunkt, dass das relevante Wissen zumeist vorhanden ist, nur eben schlecht verteilt. In der Wissenschaft dagegen spielt Wissensproduktion – Forschung – gegenüber der Wissensverteilung und -bewahrung die entscheidende Rolle. Deshalb widmen wir uns ihr auch zuerst, die anderen beiden Teilaufgaben der Wissenschaft werden in den beiden nachfolgenden Kapiteln behandelt.

Wissenschaft ist ein funktional differenziertes Teilsystem der Gesellschaft, das der Aufgabe dient, öffentliches explizites Wissen zu produzieren, weiterzugeben und zu bewahren. Was als Wissen gilt und was nicht, liegt in der exklusiven Entscheidungshoheit der Wissenschaft. Wenn ein anderes Teilsystem – wie beispielsweise die Politik in den Diktaturen des 20. Jahrhunderts oder die Religion in der frühen Neuzeit – da hineinredete, würde die Funktionsfähigkeit der Wissenschaft leiden.
Möchte man Dysfunktionalitäten meiden, dann darf kein anderes gesellschaftliches Subsystem den Output von Wissenschaft, d. h., was als Wissen – vulgo: als wahr bzw. unwahr – gilt, direkt steuern. Gleichwohl ist es aber möglich, den Input von Wissenschaft von außen zu beeinflussen und darüber die Wissensproduktion, die Forschung, indirekt zu steuern. Denn wie im Modellkapitel dargelegt wurde, bedarf Forschung einer Reihe von Voraussetzungen. Einige produziert die Wissenschaft quasi autopoietisch selbst, andere werden der Wissenschaft von außen zur Verfügung gestellt. Insbesondere die „materiellen Ressourcen“

- Geld
- Personal
- Institutionen
- Stoffe und Energie

müssen der Wissenschaft von außen zugeführt werden. Von diesen Ressourcen eignet sich vor allem Geld aufgrund seiner universellen Einsetzbarkeit als Steuerungsinstrument. Dass

Wissenschaft über diese „quasi technischen“ Voraussetzungen von Wissenschaft steuerbar ist, wird nie ernsthaft bestritten.[1] Umstritten ist jedoch die Frage, ob und inwiefern eine „inhaltlich“ genannte Steuerung von Wissenschaft möglich sei, nämlich über die Fragen, die Forschung bearbeitet.
Die vorliegende Arbeit hat sich in dieser Frage die Position der sozialen Relevanz von Wissenschaft zu eigen gemacht: Um ihrer Funktion gerecht zu werden, muss Wissenschaft zum einen Fragen selbst generieren und sie frei verfolgen können. Zum anderen darf sie sich aber auch nicht blind gegenüber der Tatsachen verhalten, dass aufgrund der Verwissenschaftlichung der Gesellschaft zunehmend auch außerhalb der Wissenschaft Fragen entstehen, die nur wissenschaftlich zu bearbeiten sind, und dass die Lösung wissenschaftlicher Fragen gelegentlich gewaltige wissenschaftsexterne Auswirkungen zeitigt.
Im Modellkapitel spiegelt sich diese Grundposition darin, dass *Fragen* weder als rein autopoietisches Element noch als rein externe Voraussetzung von Forschung klassifiziert wurden. Je nach Phase der Entwicklung eines Forschungsfeldes können die verschiedenen Quellen von Fragestellungen ein unterschiedliches Gewicht haben, wie im Abschnitt 2.7.1 dargelegt wurde. In der Frühphase eines Faches können die Fragestellungen und deren Bearbeitung entweder extrem phänomen-, verständnis- oder anwendungsorientiert sein, im Allgemeinen ist in dieser Phase aber nicht mit hohem Verständniszuwachs zu rechnen. Während des Erwerbs eines Paradigmas oder seiner Krise werden Fragen im Wesentlichen durch das Wechselspiel von Theorie und Empirie generiert, hinsichtlich der Durchführung nähern sich die empirisch, theoretisch und praktisch orientierten Stränge einander an. In dieser Phase droht eine erzwungene Orientierung auf Anwendungsprobleme den Verständniszuwachs zu verzögern. In der Spätphase eines Feldes lassen sich hingegen die Fragen auch wieder durch Anwendungsaspekte motivieren, aber hinsichtlich der Durchführung ist eine extreme und ausschließliche Ausrichtung nur auf Phänomen-, Verständnis- oder Anwendungsorientierung – anders als in der Frühphase – nicht mehr möglich. Jedes Experiment hat theoretische Implikationen, jede Anwendung fußt auf empirischen Befunden. Dennoch verfolgen die eher empirisch, theoretisch bzw. praktisch orientierten Forscher eines Feldes stets ihre eigenen, abgegrenzten Forschungslinien (sichtbar an Benennungen wie *Experimentelle*, *Theoretische* oder *Technische Physik*), die nur in Umbruchphasen in intensivere Wechselwirkung treten.

Eine adäquate Forschungssteuerung muss diesen Erkenntnissen Rechnung tragen. Der **Abschnitt 5.1** betrachtet die Aufgaben der Forschungskordination im Einzelnen, der **Abschnitt 5.2** beleuchtet die verschiedenen gängigen Methoden und **Abschnitt 5.3** studiert deren Eignung für die verschiedenen Quadranten des Quadrantenmodells. Der letzte **Abschnitt 5.4** fasst das Kapitel zusammen und zieht die Schlussfolgerungen für die Leitfragen der Arbeit.

5.1 Aufgaben der Forschungssteuerung

Der Forschungssteuerung kommt also primär die Aufgabe zu, die Allokation der Voraussetzungen von Forschung zu bewerkstelligen. Als Nebenbedingungen sind dabei die

[1] Vgl. die Diskussion bei I. S. Spiegel-Rösing, *Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftssteuerung*, Athenäum Frankfurt/Main 1973, S. 106ff., und das Kapitel „Die Steuerbarkeit der Wissenschaft“ bei Dietmar Braun, *Die politische Steuerung der Wissenschaft*, Campus Frankfurt/Main 1997.

Qualitätssicherung, d. h. die Orientierung der Forschung auf die im Kapitel 4 erörterten Wissensziele, und die Effizienzsicherung, deren zunehmende Bedeutung im Kapitel 3 herausgestrichen wurde, zu beachten. Darüber hinaus wird der Forschungssteuerung gelegentlich die Aufgabe zugedacht, ethisch motivierte Forschungseinschränkungen durchzusetzen.

5.1.1 Allokation von Ressourcen

Unter Allokation versteht man die „Zuordnung von Produktionsfaktoren, Rohstoffen und intermediären Gütern zu von Produzenten ausgeführten Produktionsprozessen sowie von finalen Gütern zu den konsumierenden Wirtschaftssubjekten. Allokation im statischen Sinne bezeichnet das Ergebnis einer solchen Zuordnung, während unter Allokation im dynamischen Sinne die Aktivität der Zuordnung verstanden wird.“[2] Mit dem aus den Wirtschaftswissenschaften entlehnten Begriff „Allokation“ ist also die Aufgabe bezeichnet, die im Modellkapitel analysierten Inputs

- Fragen,
- Manpower,
- Methoden,
- vorgängiges Wissen,
- Apparate und Instrumente sowie
- externe Ressourcen (Geld, Personal, Institutionen, Stoffe, Energie)

zum Zweck der Wissensproduktion zusammenzubringen. Von den externen Ressourcen nimmt Geld eine zentrale Rolle ein, weil sich damit Personal, Energie, Stoffe sowie Apparate und Instrumente erwerben lassen. Von den konstitutiven Elementen ist die Manpower entscheidend, da Fragen, Methoden und vorgängiges Wisse nur durch sie Wirkung entfalten können. Die in der hier vertretenen Lesart auch unter das Allokationsproblem fallende Frage nach den geeigneten Institutionalisierungsformen für Forschung soll außen vor bleiben. Das Allokationsproblem verkürzt sich damit auf die Frage, wie Geld auf wissenschaftliche Manpower aufgeteilt wird, um bestimmte Fragen mit gewissen Methoden beim gegebenen Wissensstand zu verfolgen.

5.1.2 Qualitätssicherung

Qualitätssicherung wird zunehmend als eine wichtige Aufgabe der Forschungssteuerung angesehen. In der Wissenschaft findet Qualitätskontrolle an drei Stellen statt:

a) inputseitig bei Vergabe von Forschungsmitteln,

b) outputseitig bei Publikation von Resultaten und Graduierung von Manpower, und

c) im Forschungsprozess selbst wird bereits gespeichertes Wissen geprüft.

Die generellen Fragen der Qualitätssicherung in der Wissenschaft werden im Abschnitt 7.3 unter dem Stichwort „Wissensbewertung“ behandelt; hier und jetzt sollen nur einige generelle Aussagen und die für a) spezifischen Probleme erörtert werden.

[2] Friedrich Geigant, Dieter Sobotka und Horst Westphal [Hrsg.], *Lexikon der Volkswirtschaft*, 5. Auflage, Verlag Moderne Industrie Landsberg 1987, S. 34.

Wie im Abschnitt 7.3 näher ausgeführt, lassen sich die wissenschaftliche Qualitätskriterien den drei Dimensionen *Adäquatheit*, *Relevanz* und *Eleganz* zuordnen. *Adäquatheit* ist das K.O.-Kriterium für Wissenschaftlichkeit; hier wird die Einhaltung der in 4.3.1 als normative Wissensziele bezeichneten Ansprüche an wissenschaftliches Wissen geprüft. *Relevanz* hingegen bezeichnet den Beitrag zu den (quadrantenspezifischen) strategischen und operativen Wissenszielen. *Eleganz* schließlich bewertet quasi als B-Note die Schönheit der Darstellung. Adäquatheit und Eleganz können nur von Fachkollegen durch *Peer Review* kompetent beurteilt werden, dasselbe gilt bezüglich der Relevanz für das eigene Fach. Die Relevanz für andere Fächer oder extrawissenschaftliche Problemstellungen kann von Fachkollegen nicht kompetent beurteilt werden, hierfür sind die entsprechenden „Verwender“ zu fragen.
Bei der hier betrachteten Vergabe von Forschungsmitteln kann sich die Qualitätsprüfung entweder auf die Inputfaktoren, auf die geplante Durchführung oder auf die erwarteten Ergebnisse stützen. Dabei steht sie vor einer besonderen Schwierigkeit: Alle Beurteilungen müssen ex ante erfolgen, was angesichts der jeder Forschung inhärenten Unsicherheit sehr schwierig ist. Daher behilft man sich oft mit einem Ersatzindikator: Wer in der Vergangenheit bereits gute und akzeptierte Resultate produziert hat, von dem kann man dies auch in Zukunft erhoffen. Qualitätssicherung setzt deshalb in der Wissenschaft traditionell an der Manpower an. Die Karrieremechanismen für das akademische Personal spielen daher eine ganz wichtige Rolle für die Qualitätssicherung in der Wissenschaft. In diesem Zusammenhang sind die Berufungsverfahren an Hochschulen oder die Ernennung von MPG-Direktoren nach dem Harnack-Prinzip zu sehen.
Seit dem Aufkommen projektförmiger Forschungsorganisation kann Qualitätssicherung auch direkt an der Planung von Forschungsvorhaben ansetzen. Anhand von Projektvorschlägen lassen sich die Leitfragen der geplanten Untersuchungen, die Eignung des Personals und der beabsichtigten Durchführungsmethode sowie die Bedeutung erhoffter Ergebnisse beurteilen. Werden Projektmittel im Wettbewerb vergeben, findet auch die Effizienzsicherung an dieser Stelle einen Ansatzpunkt.

5.1.3 Gewährleistung von Effizienz

Wie im Kapitel 3 ausführlich erörtert, wird Effizienz zunehmend auch in der Wissenschaft „das Maß aller Dinge“. Daher müssen die Methoden der Forschungssteuerung in Zukunft verstärkt Effizienzgesichtspunkte berücksichtigen. Jeder Versuch, Effizienzmaßnahmen in der Forschung zu implementieren, sieht sich jedoch mit der Schwierigkeit konfrontiert, dass Forschung mit hoher Unsicherheit verbunden sein kann.

In etablierten Forschungsfeldern – mit gut geprüftem und detailliertem Strukturwissen, akzeptierten Methoden und Instrumenten – lässt sich der wahrscheinliche Output meist recht gut abschätzen. Dennoch kann man auch hier vor Überraschungen nie sicher sein.[3] Bei der Exploration von Neuland oder in paranormalen Wissenschaftsphasen hingegen sollte man eine Effizienzschätzung gar nicht erst versuchen. Hier sind Forschungsgelder eine Art Risikokapital oder *Seed Money*.
Mathematische Optimierungsmodelle und eine Kosten-Leistungs-Rechnung, wie sie etwa in der Managementlehre benutzt werden, sind daher zumindest in der Forschung wohl we-

[3] An dieser Stelle sei nur an die Überlegungen zur Dynamik von Forschungsfeldern im Abschnitt 2.7.1 und den Möglichkeiten zur Antizipation zukünftigen Wissens im Abschnitt 4.4.3 erinnert.

nig hilfreich – in der Lehre mit ihren eher „standardisierten“ Produkten mag dies vielleicht möglich sein. Effizienzsicherung kann daher wohl nicht mehr bedeuten als darauf zu achten, dass Forschung ihren verschiedenen Aufgaben ausgewogen gerecht werden kann. Im Kapitel 4 wurde ja für den Standpunkt der sozialen Relevanz argumentiert, der eine ausgewogene Balance zwischen den verschiedenen Forschungsquadranten und den mit ihnen verbundenen Wissenszielen beinhaltet. Welche Konsequenzen eine stärkere Berücksichtigung des Effizienzziels hätte, wird deshalb im Abschnitt 5.3 quadrantenweise diskutiert. Die durchaus auch vorhandenen negativen Auswirkungen des Effizienzdrucks auf die wissenschaftliche Qualität werden später im Abschnitt 7.3.5 thematisiert.

5.1.4 Durchsetzung ethischer Einschränkungen

Aus Angst vor Forschern, die wie GOETHES Wagner im Faust II am Homunkulus experimentieren, ist immer wieder öffentlich der Gedanke vorgebracht worden, in der Forschungssteuerung ethische Aspekte bei der Wahl von Forschungszielen zu berücksichtigen. Neuere Ausbrüche dieser Sorge waren die Stammzellen-Debatte oder auch BILL JOYS Vorschlag, auf die Forschung an selbstreplizierenden Nano-Robotern zu verzichten.[4] Die Berücksichtigung ethischer Aspekte in der Forschung wird immer als negative Selektion verstanden: Was sollte besser nicht erforscht werden, oder jedenfalls nicht mit diesen Mitteln?
Mitte der 90er Jahre haben in Deutschland vor allem Lebenswissenschaftler laut über den schrumpfenden Freiraum der Forschung geklagt.[5] Obwohl die Freiheit der Forschung durch Art. 5 Abs. 3 grundgesetzlich verankert ist, sind in den 80er und 90er Jahren etliche Gesetze, z. B. das Embryonenschutzgesetz oder das Tierschutzgesetz, erlassen worden, die bestimmte Forschungshandlungen direkt oder indirekt verbieten oder aufwendigen Genehmigungsverfahren unterziehen. Auch die Verfahren der Forschungssteuerung sind von der Sensibilisierung gegenüber ethischen Bedenken betroffen: So müssen etwa bei Anträgen an die DFG auch Belange des Tierschutzes erörtert und geprüft werden. Dennoch ist festzustellen, dass Einschränkungen bei der Wahl von Forschungszielen und -methoden hauptsächlich auf dem Gesetzeswege geregelt worden sind. Damit kommt nicht so sehr den Verfahren der Forschungssteuerung im engeren Sinne die Aufgabe zu, ethisch motivierte Forschungseinschränkungen durchzusetzen, sondern mehr den gängigen Genehmigungsbehörden, die auch für gewerbliche Vorhaben zuständig sind.

5.2 Methoden

Den verschiedenen, im Abschnitt 4.1 vorgestellten Argumentationsstrategien zur Legitimierung von Wissenschaft entspricht je ein Idealmodell der Forschungssteuerung: Selbststeuerung, wie sie von DFG und MPG praktiziert wird, fußt auf den Vorstellungen der axiomatischen Relevanz; die Fremdsteuerung in der Auftrags-, Ressort- und Industrieforschung vornehmlich auf technologischer Relevanz. Prototypisch für soziale Relevanz sind hybride Steuerungsformen, wie man sie etwa bei den vom BMBF aufgelegten Forschungsprogrammen antrifft. Sponsorentum, die zur indirekten Relevanz gehörige Förderweise,

[4] Eine kurze Synopse der Bill-Joy-Debatte findet man in *Das Magazin*, Heft 1/01 zum Thema „Mensch oder Roboter – Wem gehört die Zukunft? Antworten auf Bill Joy“, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen Düsseldorf 2001.

[5] Ein Zeugnis dieser Klage ist das Heft 1/95 der *Berichte und Mitteilungen* der Max-Planck-Gesellschaft mit dem Titel „Der schrumpfende Freiraum der Forschung“.

soll aufgrund der geringen Bedeutung und der Kompatibilität mit den anderen Positionen hier außer Betracht bleiben. Zu den anderen drei Idealtypen werden im Folgenden jeweils erörtert:

- das Prinzip,
- ein oder zwei Ausgestaltungsbeispiele,
- ihre Stärken und
- Schwächen.

5.2.1 Selbststeuerung

Prinzip Das Modell der Selbststeuerung fußt auf der Vorstellung axiomatischer Relevanz von Wissenschaft. Das einzig verfolgte Wissensziel ist hier die Erweiterung des Bestandes gesicherten Wissens. Als Steuerungsinstanz ist allein die wissenschaftliche Gemeinschaft legitimiert. Das heißt, Vorschlag und Auswahl von Forschungsvorhaben erfolgen ausschließlich durch praktizierende Wissenschaftler. Die Finanziers haben so gut wie keinen Einfluss auf die Mittelverwendung.
Selbststeuerung tritt in zwei Hauptformen auf: Zum einen als institutionelle Förderung, d. h., der Staat stellt wissenschaftlichen Einrichtungen finanzielle Mittel ohne Anspruch auf Gegenleistung zur Verfügung, und zum anderen als Projektförderung über Institutionen, die Forschungsmittel an Wissenschaftler im Wettbewerb vergeben.

Ausgestaltungsbeispiel DFG Die Grundfinanzierung von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sind Beispiele der institionellen Förderung. Für die Vergabe von Mitteln im Wettbewerb ist die Deutsche Forschungsgemeinschaft,[6] 1920 auf Initiative von FRITZ HABER und dem preußischen Staatsminister FRIEDRICH SCHMIDT-OTT als *Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft* gegründet, eine Musterlösung. Die DFG ist ein eingetragener Verein, dem derzeit ca. 90 Hochschulen, Forschungseinrichtungen und wissenschaftliche Akademien als Mitglieder angehören. Die Mitgliederversammlung bestimmt die Richtlinien der Arbeit und wählt die Senatsmitglieder und den Präsidenten. Der Senat berät als wissenschaftspolitisches Gremium Regierungen, Parlamente und Behörden. Den Wirtschaftsplan der DFG beschließt seit 2002 der Hauptausschuss, der in einem Unterausschuss – dem so genannten Bewilligungsausschuss – auch die Letztentscheidungen über die finanzielle Förderung von Förderanträgen trifft. Im Hauptausschuss sitzen neben den 39 Senatsmitgliedern auch Vertreter der Geldgeber.
Die Mittel der DFG, im Jahr 2000 rund 1,2 Mrd. €, stammen im Wesentlichen von Bund (BMBF) und Ländern etwa je zur Hälfte.[7] Der bei der Gründung der DFG noch signifikante Anteil des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft ist auf mittlerweile symbolische 0,2% gesunken. Die DFG hat eine Reihe von Förderinstrumenten entwickelt, darunter u. a.

[6] Angaben im Folgenden laut DFG-Selbstdarstellung in Marco Finetti [Hrsg.], *Pro Wissenschaft*, Raabe Stuttgart 1999, S. 93 - 98 sowie nach Notker Hammerstein, *Die Deutsche Forschungsgemeinschaft 1920 - 1945*, Beck München 1999, S. 32ff. Die nach 2000 aufgrund der Systemevaluation der DFG durchgeführten Reformen wurden aus eigener Kenntnis ergänzt.

[7] Seit 2002 gilt zwischen Bund und Ländern ein neuer Finanzierungsschlüssel von 58:42. Eine genaue Aufschlüsselung der Finanzierungsquellen der DFG kann man dem jeweils aktuellen *Bundesbericht Forschung* entnehmen, der alle 4 Jahre vom BMBF herausgegeben wird.

- Sonderforschungsbereiche,
- Nachwuchsprogramme (Graduiertenkollegs, Emmy-Noether-Programm, Heisenberg-Stipendien) und
- Auszeichnungen (u. a. Leibniz-Preis).

Die größte Bedeutung hat aber das so genannte Normalverfahren. Hier kann jeder Forscher, der über eine eigene Stelle und eine abgeschlossene Promotion verfügt, Beihilfen (Personal-, Sach- oder Reisemittel) für ein selbstgewähltes Forschungsprojekt beantragen. Die Laufzeit eines Projekts ist auf zwei (mittlerweile drei) Jahre begrenzt. Eine Anschlussförderung bis zu maximal 12 Jahren ist jedoch möglich.
MARCO FINETTI[8] beschreibt die Reise eines Förderantrags über die „Insel der Seligkeit" wie der 1992 - 97 amtierende Präsident der DFG, WOLFGANG FRÜHWALD, die DFG-Geschäftsstelle in der Bonner Kennedyallee einmal bezeichnete: Ein frischer Antrag landet zunächst auf dem Schreibtisch des zuständigen Fachreferenten, der anhand einer Checkliste die Vollständigkeit des Antrages prüft. Außer den projektspezifischen Angaben zu Anliegen, Aufbau und erwarteten Ergebnissen des Forschungsvorhabens sowie zum Stand der Forschung und den vorgesehenen Ausgaben müssen Lebenslauf und Liste der wissenschaftlichen Veröffentlichungen des Antragstellers enthalten sein. Nach der internen Registratur des Antrags entscheidet der Fachreferent über den weiteren Weg des Antrags, insbesondere hat er zwei geeignete Gutachter für den Antrag auszuwählen.[9]
Weder wissen die Gutachter voneinander und ihrem gemeinsamen Begutachtungsobjekt, noch ist dem Antragsteller die Identität der Gutachter bekannt. Die Gutachter sind die heimlichen Herrscher im Reiche der DFG, aber sie arbeiten nebenberuflich und ehrenamtlich ohne Honorar. Ihre Voten bilden die Entscheidungsgrundlage für die Bewilligungs- oder Ablehnungsbescheide der DFG. Im Unterschied zu anderen Forschungsförderorganisationen erfolgt die Bewertung der eingereichten Anträge nicht anhand strukturierter Fragebögen. Die DFG gibt ihren Gutachtern lediglich allgemeine Hinweise zur Begutachtung an die Hand. Die Definitionshoheit über Güte- und Effizienzkriterien soll in der Hand der jeweiligen wissenschaftlichen Gemeinschaft verbleiben.[10]
Sind die beiden Gutachtervoten sowie – je nach Antrag – eventuell weitere Stellungnahmen eingegangen, fasst der Fachreferent die Vorschläge und Empfehlungen der Gutachter zu einem Vorschlag der Geschäftsstelle zusammen. In einer internen Revisorgruppe werden alle Vorschläge formal überprüft und vor allem inhaltlich harmonisiert, um einen Ausgleich zwischen verschiedenen Fächern und deren stilistischen Gewohnheiten zu erzielen. Die

[8] Marco Finetti, *Antrag Li 6/3-1 auf der Insel der Seligkeit. Das tägliche Geschäft der Forschungsförderung*, in: Ders., *Pro Wissenschaft*, Raabe Stuttgart 1999, S. 36 - 44.

[9] Bis zur 2003 durchgeführten Reform des Begutachtungsverfahrens stand dafür ein Pool von Fachgutachtern zur Auswahl. Die Fachgutachter wurden alle vier Jahren an allen Forschungseinrichtungen, die Mitglieder der DFG sind, demokratisch unter allen Mitarbeitern gewählt, die länger als drei Jahre promoviert sind. Wenn – aus welchen Gründen auch immer – keine geeigneten Fachgutachter bereitstanden, kamen die Sondergutachter zum Zuge, die allein aufgrund ihrer fachlichen Qualifikation ausgewählt wurden. Seit 2003 begutachten die Gewählten nun nicht mehr selbst, sondern wachen als Fachkollegien über die Einheitlichkeit der Standards, während die Begutachtung jetzt allein in den Händen der früheren Sondergutachter liegt, die von der Geschäftsstelle ausgesucht werden. Mit dieser Verändung des Begutachtungsverfahrend hat die DFG auf Kritik reagiert, die in ihrer Systemevaluation geäußert wurde – vgl. Krull (1999).

[10] Zu den Vor- und Nachteilen freier bzw. strukturierter Bewertung vgl. Lukas Meierhofer, *Projektselektion in der Forschungsförderung*, Dissertation Universität Basel 1983.

letztendliche Entscheidung obliegt aber dem Bewilligungsausschuss, dem Vertreter der Wissenschaft und der Geldgeber angehören. Widerspricht keines der Mitglieder binnen drei Wochen den Vorschlägen der Geschäftsstelle, gelten diese als genehmigt und der Bewilligungs- bzw. Ablehnungsbescheid ergeht an den Antragsteller.

Als Nachtrag zu seiner Reisebeschreibung schreibt Finetti:

Mehr als 10.000 Förderanträge mit einer beantragten Gesamtsumme von mehr als 2,2 Milliarden Mark wurden 1997 allein im Rahmen des Normalverfahren von der DFG bearbeitet. Anfang der 90er Jahre waren es lediglich rund 6000 gewesen. Von den genau 10.218 Anträgen, die sich auf die Reise über die Insel der Seligkeit machten, wurden 5596 bewilligt; 3803 wurden komplett abgelehnt, 419 von den Antragstellern während des Verfahrens zurückgezogen. Von den exakt 2,2021 Milliarden Mark an beantragten Fördermitteln wurden 779,9 Millionen Mark bewilligt, was einen Anteil von 40% am DFG-Gesamtfördervolumen ausmachte und den besonderen Stellenwert des Normalverfahrens unter den zahlreichen Förderprogrammen unterstrich; 1,3345 Milliarden Mark an beantragten Mitteln wurden nicht bewilligt, die zurückgezogenen Anträge hatten ein Volumen von 87,7 Millionen Mark. Bezogen auf die Summe der beantragten Gelder lag die Bewilligungsquote damit bei 35,7%; 1990 waren noch 55,7% der beantragten Fördergelder bewilligt worden. Die Bearbeitungszeit eines Antrags betrug 1997 zumeist zwischen vier und sechs Monaten.

Marco Finetti (1999), *Pro Wissenschaft*, S. 44

Stärken Selbststeuerung erlaubt ein freies Verfolgen der Fragestellungen, wie sie sich aus dem Erkenntnisprozess ergeben. Es stellt die Fähigkeit zur Selbststimulierung der Forschung sicher. Dabei ist es ein relativ einfaches Verfahren: „Für die Realisierung dieses Steuerungsmodells sind nicht mehr Kenntnisse notwendig, als ein Wissenschaftler durch seine Ausbildung und Forschungspraxis gewinnt.“[11] Wenn das gewählte Verfahren der Selbststeuerung auch Wettbewerbselemente enthält – wie am Beispiel der DFG gezeigt –, können Effizienz- und Qualitätsziele in die Selbststeuerung inkorporiert werden.

Schwächen Welche außerwissenschaftliche Relevanz die bearbeiteten Fragestellungen haben, bleibt bei der Ressourcenallokation weitgehend außer Betracht. Weder werden außerwissenschaftlich relevante Fragestellungen allein aus diesem Grunde aufgenommen, noch werden Resulate systematisch auf ihre außerwissenschaftlichen Konsequenzen hin geprüft.
Fehlen dem gewählten Verfahren der Selbststeuerung jegliche Wettbewerbselemente, so kann keine direkte Qualitäts- und Effizienzkontrolle ausgeübt werden. Daher wird in der aktuellen wissenschaftspolitischen Debatte eine Stärkung der Wettbewerbselemente auch in der Selbststeuerung gefordert.[12] Man darf aber nicht vergessen, dass die Organisation

[11] I. S. Spiegel-Rösing, *Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftssteuerung*, Athenäum Frankfurt/M. 1973, S. 107.

[12] So heißt es in einer aktuellen Empfehlung des Wissenschaftsrats unter der Überschrift „Förderung von Wettbewerb und Kooperation“: „Bereits heute existieren zahlreiche Instrumente zur Förderung des institutionellen Wettbewerbs, sowohl innerhalb der Wissenschaftseinrichtungen selbst als auch zwischen ihnen. Diese Instrumente müssen ausgebaut und intensiver als bisher genutzt werden: Bestrebungen zur Förderung institutionellen Wettbewerbs bedienen sich häufig nahezu ausschließlich externer Mechanismen und Agenturen. Deren strukturbildende Funktion für das Wissenschaftssystem ist im Zuge der in den letzten Jahren vollzogenene faktischen Absenkung der Ressourcen für die Grundausstattung gestiegen. [...] Die bereits erkennbaren Ansätze für eine Flexibilisierung der Grundausstattungen durch die Bildung zentraler Fonds innerhalb einzelner Wissenschaftseinrichtungen, die diese selbst intern nach Leistungskriterien vergeben, sollten wesentlich gestärkt werden.“ (*Thesen zur künftigen Entwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland*, Wissenschaftsrat Köln 2000, S. 54f.)

eines Wettbewerbs einen nicht zu vernachlässigenden Aufwand verlangt. Davon ganz abgesehen, haben auch Verfahren mit Wettbewerbselementen ihre Schwächen und können zu Fehlsteuerungen führen, wie bereits im Abschnitt 3.3.2 erwähnt. FRIEDHELM NEIDHARDT[13] hat einige Kritikpunkte zusammengestellt und untersucht, die der DFG gemacht werden:

> Es spricht nicht nur für die Bedeutung, sondern auch für die Reputation der DFG, daß in der Allensbacher Hochschullehrerumfrage[14] nur 5,3% der Hochschullehrer bekundeten, sie seien mit der DFG nicht zufrieden, allerdings stimmten beträchtliche Anteile der Befragten ‚voll und ganz' oder ‚teilweise' einer Reihe kritischer Stellungnahmen zu Einzelaspekten des DFG-Betriebs zu: Besonders schwierig sei es, Mittel für solche Projekte zu bekommen, bei denen das Ergebnis noch ganz ungewiß sei (63%); es störe, daß man bei Gutachterverfahren keinen Einspruch einlegen könne (57%); oft würden Anträge von Konkurrenten beurteilt, die nicht neutral seien (55%); die Forscher mit großem Namen bekämen alle Projekte – auch weniger gute – bewilligt (54%); junge Forscher hätten es besonders schwer, Mittel für ihre Projekte bewilligt zu bekommen (52%); die Bearbeitung von Projektanträgen sei oft nicht frei von sachfremden Erwägungen (46%); die Gremien nähmen zu viel und zu unqualifiziert Einfluß auf die Forschungsfinanzierung (32%) etc.
>
> Friedhelm Neidhardt (1988), *Selbststeuerung in der Forschungsförderung*, S. 17f.

Einige der Kritikpunkte, z. B. die fehlenden Einspruchsmöglichkeiten, sind DFG-spezifisch; andere wiederum – u. a. die Unterstellung, bei Anträgen würde stärker nach Reputation statt nach Qualität des Antrags entschieden – konnten von empirischen Untersuchungen nicht bestätigt werden.[15] Mehrfach erwähnt[16] wird jedoch die Gefahr, dass in Zeiten des *Steady State* Finanzierungswünsche und -möglichkeiten immer weiter auseinanderfallen (wie auch bei der DFG in den 90er Jahren zu beobachten), so dass selbst von den Gutachtern uneingeschränkt empfohlene Projekte nicht mehr voll gefördert werden können. Dann sinkt nicht nur das Vertrauen der Wissenschaft in die Förderorganisationen, sondern insbesondere innovative Projekte mit ungewissem Ausgang, zumeist von jüngeren Forschern vorgebracht, haben gegen durchgestylte Mainstream-Vorhaben kaum noch Chancen. Die der Selbststeuerung ohnehin innewohnende Tendenz zur Selbstreproduktion droht sich zu verstärken.

---

[13] FRIEDHELM NEIDHARDT und seine Doktorandin ILSE HARTMANN haben in den 80er Jahren in einem von der DFG geförderten Projekt den Selbststeuerungsmechanismus der DFG untersucht. Die Resultate finden sich in Ilse Hartmann, *Begutachtung in der Forschungsförderung. Die Argumente der Gutachter in der Deutschen Forschungsgemeinschaft*, Dissertation Universität Köln 1989, und Friedhelm Neidhardt, *Selbststeuerung in der Forschungsförderung. Das Gutachterwesen der DFG*, Westdeutscher Verlag Opladen 1988.

[14] Gemeint ist die *Untersuchung der Lage der Forschung an den deutschen Universitäten WS 1976/77*, Allensbacher Forschungsenquete Konstanz (o. J.).

[15] Beispielsweise schreibt Neidhardt (1988), S. 110f.: „Unsere Daten bestätigen also nicht die dramatische Befürchtung von Weingart, Reputation mache kritikunfähig. Andererseits widerlegen sie auch nicht unbedingt die Annahmen von Luhmann. In seiner Konzeption erfüllt Reputation Steuerungsfunktion als generalisiertes Medium, also gegenüber der umfassenden Kategorie von Jedermann. Die DFG beschäftigt ja gerade Experten (hier insonderheit auch gerade die Sondergutachter), um darauf nicht angewiesen zu sein. Deren Urteil begründet Reputation, hängt selber aber nicht primär von Reputation ab. Da die von der DFG Geförderten die Förderung als Anerkennung ihrer fachlichen Kompetenz interpretieren und auch nach außen (z. B. in Bewerbungsunterlagen) ausdrücklich ausweisen, kann man die These vertreten, daß *die DFG Reputation wohl weniger respektiert als erzeugt.*" (Hervorhebung durch mich)

[16] So auch von Neidhardt (1988), S. 83, und insbesondere von Ziman (1994), S. 93 - 130, 260, 270.

Selbststeuerung kann in einem starken Maße zu bloßer Selbstreproduktion führen. Der ungünstigste Fall in unserem Beispiel wäre, daß in unterdurchschnittlich entwickelten Fächern nur Initiativen und Anträge minderer Qualität entstehen, diese aber bei repräsentativ mäßigem Anspruchsniveau der gewählten Gutachter dieser Fächer systematisch als hervorragend klassifiziert und dann auch laufend gefördert würden. Selbststeuerung könnte in diesem Fall das sicherste Mittel sein, dauerhaft auf der Stelle zu treten. [...] Wer sich für diesen Fall jedoch ‚Wissenschaftsrevolutionen', also große Durchbrüche und ‚schöpferische Zerstörung' der herrschenden Standards wünscht, wird freilich nicht darauf setzen können, daß Ansätze dazu – wenn es sie denn gibt – von der DFG systematisch wahrgenommen, ermutigt und unterstützt werden. Selbststeuerung sichert eher den Weiterlauf von ‚normal science'.

Friedhelm Neidhardt (1988), *Selbststeuerung in der Forschungsförderung*, S. 136

5.2.2 Fremdsteuerung

Prinzip Fremdsteuerung geht mit der technologischen Relevanz von Wissenschaft Hand in Hand. Es geht darum, extern benötigtes Wissen zu generieren und zur Verfügung zu stellen. Die Fragestellungen kommen von außerhalb der Wissenschaft und werden einer Forschungseinheit zur Bearbeitung überlassen, im Regelfall unter Setzung von Fristen für die Vorlage von Zwischenberichten, Endergebnis usw. Die finanzielle Vergütung wird zumeist vorab festgelegt. Die Durchführenden haben nur geringen Einfluss auf die verfolgte Fragestellung, aber die Wahl der Methoden und des benutzten Hintergrundwissens obliegt weitgehend ihnen.
Fremdsteuerung findet sich zum einen in den FuE-Abteilungen der Wirtschaft und in den Ressortforschungseinrichtungen von Behörden, die extrawissenschaftlich gesetzte Forschungsagenden besitzen und sich hauptsächlich durch ihren Beitrag zur Mission ihrer Gesamtorganisation rechtfertigen müssen. Zum anderen gilt Auftragsforschung, d. h. die Vergabe von Forschungsleistungen an Organisationsexterne, als das Paradebeispiel für Fremdsteuerung – das im Folgenden auch beleuchtet werden soll.[17]

Ausgestaltungsbeispiel Auftragsforschung Extern vergebene Forschungsaufträge sind im Allgemeinen kurzfristig zu bearbeiten; der Personalaufwand liegt typischerweise im Bereich von Mannmonaten. Die Aufträge kommen vor allem aus der Industrie – im Zusammenhang mit der technologischen Entwicklung – sowie von Behörden – für Gutachten und beratende Studien. Entsprechende Forschungsleistungen bieten insbesondere die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft, Fachhochschulen und Technische Universitäten sowie einzelne außeruniversitäre Forschungsinstitute an.[18]

Stärken Die beiden wesentlichen Stärken der Fremdsteuerung sind darin zu sehen, dass Fragestellungen aus der Verwenderpraxis aufgegriffen werden und sich die Praxistauglichkeit der Ergebnisse sofort herausstellt, denn die Resultate müssen sich unmittelbar in der Praxis bewähren. Unternehmen und andere Wissensnachfrager können auf Forschungskapazität und Messgeräte zugreifen, die sie nicht selbst vorhalten können. Hochschulen[19] bie-

[17] Die Argumentation stützt sich dabei weitgehend auf eigene Erfahrungen und auf die Dissertation von Marek Fuchs, *Forschungsorganisation in Hochschulinstituten. Der Fall Maschinenbau*, Campus Frankfurt/Main 1994.

[18] Detaillierte statistische Angaben darüber, woher verschiedene Typen von Forschungseinrichtungen ihre Fragestellungen beziehen, finden sich bei Ulrich Schmoch, Georg Licht und Michael Reinhard [Hrsg.], *Wissens- und Technologietransfer in Deutschland*, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2000, S. 48.

[19] Einige außeruniversitäre Forschungseinrichtungen wie die FhG haben ohnehin satzungsgemäß keine 100%ige Grundfinanzierung, sondern müssen z. T. in erheblichem Umfang Drittmittel einwerben.

tet sich durch Annahme von Forschungsaufträgen die Möglichkeit, den Institutshaushalt aufzustocken. Die Gelder werden hauptsächlich für Sachanschaffungen – für die der öffentliche Hochschuletat im Vergleich zu den Personalmittel oft viel zu knapp bemessen ist – und als freie Manövriermasse eingesetzt, etwa um Mitarbeitern auch Überbrückungsgelder zahlen zu können. Aus der resultierenden Kooperation mit Wirtschaftspartnern ergeben sich oft auch kleinere Hilfestellungen für die Hochschulinstitute, z. B. durch Überlassung von Anlagen oder Betriebsmitteln zu Forschungszwecken.[20]

Schwächen Die Kurzfristigkeit der meisten Aufträge führt zu hoher Unsicherheit für die Auftragnehmer, die oft – über Verträge mit sehr kurzer Laufzeit – auf die Mitarbeiter abgewälzt wird. Hat eine Forschungseinrichtung einen hohen Anteil[21] von Auftragsforschung, dann wird das Institut von der Sicherstellung eines kontinuierlichen Auftragsstromes (zwecks Sicherung des Personalbestandes) abhängig, so dass „eigenentwickelte" Forschungsfragen im Rahmen einer eigenen Forschungsstrategie kaum noch kontinuierlich bearbeitet werden können. Dem Institut droht die Gefahr, zunehmend zu einem Ingenieurbüro bzw. zu einer Beratungsgesellschaft mit Routineaufgaben zu werden, und darüber den Anschluss an die Forschungsfront zu verlieren und langfristig die eigene Innovationskraft einzubüßen.
Bei Auftragsforschung sind Zielkonflikte zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer fast unvermeidlich. Wissenschaftler sind an Publizität und allgemeiner Nutzbarkeit von Ergebnissen interssiert, Auftraggeber dagegen oft an Geheimhaltung und exklusiver Nutzung. Bei technologisch motivierten Forschungen zählt für den beauftragenden Techniker allein, dass ein Gerät funktioniert, während der wissenschaftliche Anspruch nach einer Erklärungsleistung verlangt.[22] Da ein großer Teil der Forschungen durch wissenschaftlichen Nachwuchs erbracht wird, stellt sich zudem das Dilemma zwischen eigentlich sachadäquater Teamarbeit versus Zurechenbarkeit auf Einzelpersonen, wie sie bei wissenschaftlichen Qualifizierungsarbeiten (Diplomarbeit, Doktorarbeit) gefordert ist. Im Allgemeinen werden Kompromisse für diese Konflikte gefunden:

a) nur ein Teil der Daten und Untersuchungsergebnisse erscheint in der Dissertation;

b) Praxisprobleme werden um einen praxisirrelevanten, wissenschaftlich-theoretischen Teil ergänzt;

c) Teamarbeit wird teilweise verschwiegen oder über zitierte Diplom- und Studienarbeiten eingebunden.

In der Konsequenz verlängern sich die Promotionsdauern, da sich Projekt- und Promotionsarbeit nur partiell überschneiden, was durch c) nur teilweise kompensiert werden kann.

Eine grundsätzliche Schwäche der Fremdsteuerung ist darin zu sehen, dass dieses Instrument nur von denjenigen eingesetzt werden kann, die ausreichend zahlungskräftig sind

[20] Zu den Vorteilen von Forschungsaufträgen für Hochschulinstitute vgl. Fuchs (1994), S. 60, 64, 66, 81.

[21] Fuchs (1994), Fußnote S. 68, zieht die Grenze bei einem Verhältnis von etwa 50 : 50 zwischen Fremd- und Eigenforschung.

[22] Bei Fuchs (1994), S. 65, heißt es dazu: „Praktische Fragestellungen beruhen darauf, ein System zum Laufen zu bringen. Und da können es [aus wissenschaftlicher Sicht] manchmal sehr primitive Fragestellungen sein."

und über eine angemessene Absorptionsfähigkeit für fremderzeugtes Wissen besitzen. Beispielsweise können kleine und mittlere Unternehmen (KMU) weniger gut als große Unternehmen vom Mittel der Auftragsforschung Gebrauch machen. Obwohl gerade KMU auf die externe Vergabe von Forschungsleistungen angewiesen wären, da sie kaum eigene Forschungskapazität vorhalten können, mangelt es ihnen an „Absorptionsfähigkeit" für fremdes Wissen.[23] KMU fehlt oft ein Überblick über den „Forschungsmarkt"; sie wissen daher gar nicht, an wen sich wenden müssten. Auch gebricht es ihnen nicht selten an innerer Innovationskultur und geeignetem Personal, um fremdes Wissen sinnvoll aufnehmen und nutzen zu können.

Abschließend sei noch erwähnt, dass Forschungseinrichtungen mit einem hohen Anteil an Auftragsforschung vor spezifischen juristischen Problemen stehen. Eine starke Anwendungs- und Transferorientierung gefährdet die steuerrechtliche Gemeinnützigkeit der Einrichtungen.[24] Die nicht selten zu beobachtende zweckwidrige Verwendung von grundfinanzierten Mitteln für Projektaufgaben führt zu Wettbewerbsverzerrungen im Forschungsmarkt und kann auch rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.[25]

5.2.3 Hybridsteuerung

Prinzip Hybridsteuerung siedelt zwischen den beiden Extrempolen Selbst- und Fremdsteuerung und vereint Elemente aus beiden. Gemäß der Position der sozialen Relevanz wird akzeptiert, dass Fragen auch außerhalb der Wissenschaft entstehen bzw. Ergebnisse an Verwenderinteressen gebunden sein können. Berücksichtigt wird aber auch, dass im Verlaufe der Forschung sich jede Forschungsfrage als sachlich inadäquat herausstellen kann. Anhand des Theoriegehalts der Fragestellung und dem Entwicklungsstand des betreffenden Fachgebiets kann man jedoch im Vorhinein ungefähr abschätzen, wie hoch das Risiko ist, mit den Fragen und der Herangehensweise falsch zu liegen. In die Definition von Forschungsfragen und -projekten müssen daher sowohl das Wissen von Wissenschaftlern als auch die Interessen von Wissenschaftsexternen einfließen.

Hybridsteuerung geht typischerweise so vor, dass von der Politik in Abstimmung mit potentiellen Verwendern und wissenschaftlichen Beratungsgremien ein Thema grob vorgegeben wird. Die genaue Definition von Forschungsprojekten erfolgt dann durch Wissenschaftler, die sich in einem Wettbewerb um Forschungsmittel bewerben. Um eine enge Kopplung zwischen Forschern und Verwendern sicherzustellen, sind meist Kooperationen z. B. zwischen Wissenschaft und Industrie vorgeschrieben.

Im Unterschied zur Fremd- und insbesondere zur Selbststeuerung existiert zu den hier als hybrid klassifizierten Methoden nur wenig Literatur. Nichtsdestotrotz ist Hybridsteuerung an vielen Stellen anzutreffen. So findet Hybridsteuerung auf informellem Wege bei Gesprächen zwischen Forschern und Wissensverwendern etwa am Rande von Verbandstreffen, bei Workshops oder Tagungen statt, wo Forschungsthemen besprochen werden, Claims abgesteckt und Interessen artikuliert werden.[26] Unten sollen zwei Beispiele forma-

[23] Siehe hierzu Schmoch (2000), S. 243ff. und 304ff.

[24] Vgl. Schmoch (2000), S. XXI.

[25] Ein befragter Institutsleiter äußerte sich in Fuchs (1994), S. 81, dazu so: „Wir müssen ja im finanziellen Bereich sehr schieben. Wir sagen immer, wir sind mit einem Bein im Zuchthaus."

[26] Ein erfolgreiches Beispiel, wie betroffene Laien Forschungsaktivitäten initiieren können, ist die Deutsche Retinitis Pigmentosa Vereinigung (DRPV). Dieser Selbsthilfeorganisation der von Retinitis Pigmentosa (RP) betroffenen Menschen gelang es, Interesse bei medizinischen Forschern an der seltenen

ler Ausgestaltung – das Projektförderung des BMBF und die Förderung anwendungsorientierter Forschung durch das US-amerikanische Department of Energy (DOE) – aufgezeigt werden, die in etwa die Bandbreite des Möglichen zwischen Selbst- und Fremdsteuerung abdecken.

Ausgestaltungsbeispiel DOE Dem US-amerikanischen DOE obliegt neben zahlreichen anderen Aufgaben auch die Förderung von strategischer FuE im Energiesektor. Das DOE hat Mitte der 90er Jahre seine Förderpolitik deutlich umgestellt, als Reaktion auf die unbefriedigenden Ergebnisse frührerer Dekaden. Jetzt wird neben Wissenschaftlern auch die Verwenderseite, namentlich die Industrie, von Anfang an in Zielfindung und Programmplanung mit einbezogen.

Das DOE besitzt eine Reihe von Förderschwerpunkten, derzeit beispielsweise „Fahrzeuge der Zukunft", „Treibstoffe aus Biomasse" und „Sichere Energie-Infrastruktur", die sich teilweise auch in der Organisationsstruktur des DOE wiederfinden. Das Portfolio der Förderschwerpunkte wird jährlich überprüft, ob es den aktuellen politischen Zielen (z. B. Reduktion der Ölimport-Abhängigkeit) gerecht wird und wo Defizite bestehen. Die Portfolio-Analyse wird von Experten-Panels durchgeführt, denen hauptsächlich Wissenschaftler, DOE-Mitarbeiter sowie Interessenvertreter angehören.

Aufgrund dieser Analyse sowie Anregungen (vom Präsidenten bzw. anderen Exekutivorganen, von der Industrie oder den DOE-Laboratorien) werden neue Schwerpunkte und Initiativen definiert, für die jährlich etwa 10-15% des Budgets zur Verfügung gestellt werden. Da im Regelfall das DOE-Budget nicht in diesem Ausmaß wächst, müssen die erforderlichen Mittel bei anderen Förderschwerpunkten disloziert werden. Wo und wie dies geschieht, ist interne Angelegenheit der DOE-Programmmanager. Allgemein sieht das DOE seine Aufgabe eher im Management eines reichhaltigen Portfolios als in der Konzentration auf wenige, ex ante als prioritär angesehene Felder. Diese Praxis führt zu einer schrittweisen Anpassung der Forschungsschwerpunkte, plötzliche radikale Neuausrichtungen sowie Perpetuierung des ewig selben werden gemieden.

Der typische Prozess innerhalb eines Forschungsschwerpunktes beginnt mit einer Zielfindung, meist in Form einer „Vision 2020". Daran werden sowohl Wissenschaftler als auch Industrievertreter beteiligt. Das gemeinsame Zielgerüst soll kommerzielle und gesellschaftliche Interessen vereinen. Von der „Vision 2020" ausgehend wird durch Backcasting ein Arbeitsplan *(Roadmap)* abgeleitet, der klare Meilensteine enthält, bis wann welche Erkenntnis- und Entwicklungsziele zu erreichen sind. Die *Roadmap* wird – je nach Erkenntnis- und Entwicklungsfortschritt – rollierend fortgeschrieben. Die Kosten für Zielfindung und Meilensteinplanung betragen ca. 200.000 bis 400.000 Dollar pro Programm.

Augenkrankheit zu wecken, ein gemeinsames Forschungsprogramm aufzustellen sowie eigene und fremde Forschungsmittel zu mobilisieren. Wesentliche Schritte dafür waren die Erarbeitung eines Status-quo-Berichts zum Stand der internationalen RP-Forschung, Einrichtung eines regelmäßigen Informationsdienstes für RP-Forscher durch den Forschungsreferenten der DRPV, Organisation bzw. Unterstützung von Konferenzen, Einrichtung eines wissenschaftlichen Beirats und die Auslobung eines Forschungspreises. Das vom wissenschaftlichen Beirat entworfene Forschungsprogramm orientiert sich an der Prioritätenliste der DRPV, die sowohl verständnisorientierte Fragen nach den Ursachen der Krankheit als auch anwendungsbezogene Problemstellungen (Wirksamkeit von Behandlungsansätzen, Verbesserung der Sehsituation der Patienten) beinhaltet. Näheres bei Rainald von Gizycki, *Wie können Nicht-Wissenschaftler Forschung initiieren?*, in: Gudrun-Anne Eckerle [Hrsg.], *Forschung, Wissensanwendung und Partizipation*, Nomos Baden-Baden 1987.

Auf die in der *Roadmap* spezifizierten Aufgaben werden mehrere Teams gleichzeitig angesetzt. Die Teams bestehen aus Wissenschaftlern und Industriepartnern, wobei – je nach Fragestellungen – gegebenfalls bestimmte DOE-eigene Laboratorien als *Centers of Excellence* beteiligt werden müssen. Die Zusammensetzung der Teams kann von Stufe zu Stufe den geänderten Frage- und Aufgabenstellungen angepasst werden. Der Fortschritt der Teams wird regelmäßig evaluiert, nur die besten Teams qualifizieren sich für die nächste Förderrunde. Der Industrieanteil an der Finanzierung muss von 20% bis auf 80% in der finalen Pilot- und Demophase steigen.

Quellen:

Dokumentation der persönlichen Gespräche von Stefan Ramesohl (Wuppertal Institut) am 21. 2. 2001 mit Programmmanagern des DOE, insbesondere mit Robert Marlay (DOE Office of Policy, Director R&D Strategic Planning)

Ausgestaltungsbeispiel BMBF Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) schreibt zu bestimmten Themengebieten Förderprogramme aus. Die Definition der Förderprogramme – sowohl der Konditionen als auch der Themenstellung – geschieht durch das BMBF; dabei gehen jedoch die Anregungen diverser Beratungsgremien und die Ergebnisse von Prospektionsvorhaben ein.[27] Die Förderprogramme haben in der Regel eine Laufzeit von 4-6 Jahren. Faktisch ist es jedoch so, dass einmal etablierte Themenfelder durch nachfolgende Förderprogramme über Jahrzehnte fortgeschrieben werden.

Die Fachprogramme des BMBF verstehen sich als „lernende Programme“, die innerhalb ihres Zuständigkeitsspektrums ständig die Entwicklung ihrer Fachszene beobachten und Technologiefrüherkennung betreiben. Idealerweise lassen sich dabei drei Phasen unterscheiden: In einer Identifikationsphase wird das Ministerium durch Experteninterviews, Konferenzbeobachtung, Patent- und Literaturanalysen etc. auf sich abzeichnende Technologien aufmerksam. Deren Potential, d. h. ihre ökonomische, ökologische und wissenschaftlich-technische Bedeutung wird in der anschließenden Bewertungsphase durch Studien untersucht. In der Pilotphase muss sich dann durch Pilotprojekte das Potential bestätigen, damit ein neuer Forschungsförderschwerpunkt vorbereitet und gestartet wird. Andernfalls wird das Thema verworfen.

Werden neuartige Themen vom BMBF in der Förderung aufgegriffen, dann wird manchmal ein zweistufiges Verfahren gewählt: Das BMBF benennt zunächst nur einen thematischen Schwerpunkt und bittet die wissenschaftlich-technische Gemeinschaft in Skizzen um eine Präzisierung, welche Forschungsfragen sie dazu für bearbeitenswert hielte. Anschließend veröffentlicht das BMBF unter Abwägung der politischen und wissenschaftlichen Interessen eine Förderbekanntmachung, auf die man sich um Fördermittel bewerben kann.

Die operative Abwicklung der Förderprogramme obliegt den derzeit 14 Projektträgern (PT) des BMBF, die bei Großforschungszentren und anderen Kompetenzträgern (z. B. VDI) angesiedelt sind.[28] Antragsberechtigt sind im Regelfall Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen mit Sitz in Deutschland. Voraussetzung sind immer ausreichende (und nachweisbare) fachliche Qualifikation und personelle/materielle Ausstattung. Um Vernetzung und Kooperation

[27] Siehe hierzu die Ausführungen bei Volkmar Dietz, *Futur – Der deutsche Forschungsdialog*, Development & Perspectives 1/2002, S. 3 - 24, insbesondere S. 6f.

[28] Eine Liste der Projektträger findet sich z. B. im *Bundesbericht Forschung 2000*, S. 442ff.

zu fördern, ist oft das Zusammenfinden verschiedener Akteure zu *Verbundprojekten* Antragsvoraussetzung. Es werden nur Vorhaben gefördert, deren innovativer Charakter von den Anstragstellern durch eine Recherche zum Stand von Wissenschaft und Technik nachgewiesen und vom zuständigen PT bestätigt worden ist.[29] Förderfähig sind nur Vorhaben, die noch nicht begonnen wurden. Zwischen Antragstellung und Bewilligungsbescheid vergeht meist ca. ein halbes Jahr, die Beratungszeit vor der formellen Antragstellung nicht mitgerechnet.[30] Die Förderung erfolgt im Regelfall durch nicht rückzahlbare Zuschüsse, deren Höhe sich nach den erwarteten Kosten bemisst. Bei Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft wird eine angemessene Eigenbeteiligung (im Allgemeinen mindestens 50%) verlangt. Der Förderempfänger erhält das Eigentum an den Resultaten des Projekts und das ausschließliche Nutzungsrecht daran; der Fördermittelgeber erhält keine eventuelle Verwertungsbeteiligung.

Die Projektträger betreiben selbst keine Forschung, sie sind in gewisser Weise der verlängerte Arm der Ministerialbürokratie. Zu den Aufgaben der Projektträger heißt es im *Bundesbericht Forschung 2000*, S. 442: „Die Hauptaufgaben der Projektträger liegen im Rahmen der direkten Projektförderung insbesondere in der fachlichen und administrativen Beratung der Antragsteller, der Vorbereitung von Förderentscheidungen sowie der Projektbegleitung und Erfolgskontrolle. Darüber hinaus nehmen die Projektträger eine Reihe zusätzlicher Aufgaben wahr, wie z. B. Unterstützung bei Planung, Analyse und Bewertung von Programmen, Organisation von Fachtagungen und Workshops, Aktivitäten im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit und Beratung von Antragstellern über Fachprogramme der EU. Das BMBF hat seit 1995 mehrere Projektträger beliehen.[31] Diese sind damit befugt, Förderentscheidungen nicht nur für das BMBF vorzubereiten, sondern sie innerhalb bestimmter fachlicher Rahmenvorgaben selbst zu treffen.“ Einige Projektträger betreiben darüber hinaus selbst (oder beauftragen) Technologie- und Forschungsvorausschau, um zum einen die Förderwürdigkeit von Anträgen besser beurteilen und um zum anderen auf das Programmdesign des BMBF kompetent Einfluss nehmen zu können.

Quellen:

BMWi/BMBF, *Innovationsförderung – Hilfen für Forschung und Entwicklung*, Bonn 2000
BMBF, *Bundesbericht Forschung 2000*, Bonn 2000
Ausschuss für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Dt. Bundestages, *Bericht des BMFT an den Bundestagsausschuss für FTTA zur Situation der Projektträger des BMBF*, Ausschussdrucksache 12 - 366 (1993)

[29] Während es für die Selbststeuerung mehrere Studien gibt, die die Argumente der Gutachter und das Auswahlsystem im Ganzen analysieren, fehlen für die BMBF-Projektförderung bisher solche Untersuchungen. Es wäre daher eine interessante Forschungsaufgabe, herauszufinden, wie das Begutachtungsverfahren der Projektträger im Vergleich zu dem der DFG abläuft, welche Beurteilungskriterien herangezogen werden und welche Unterschiede in der Begutachtungspraxis bei den verschiedenen PT bestehen.

[30] Genaue Zahlen finden sich in der Antwort der Bundesregierung auf Frage 20 der Großen Anfrage der CDU/CSU zur Forschungsförderung in Deutschland, BT-Drs. 14/8949, S. 29.

[31] Bis 1995 musste die letztendliche Bewilligung von Fördermitteln durch das BMBF erfolgen, was zu Doppelarbeit und Zeitverzögerungen bei der Antragsbearbeitung geführt hat; seither sind nach einer dafür erforderlichen Gesetzesänderung einige der PT mit der entsprechenden Vergabebefugnis beliehen worden. Vgl. Ausschuss für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Dt. Bundestages, *Bericht des BMFT an den Bundestagsausschuss für FTTA zur Situation der Projektträger des BMBF*, Ausschussdrucksache 12-366 (1993).

Stärken Hybridsteuerung ist der einzige Weg, um den gesellschaftlichen Wissensbedarf mit den Forschungsmöglichkeiten abzugleichen. Via Hybridsteuerung haben auch Forschungsinteressenten, denen es an eigenen Mitteln fehlt, um vom Instrument der Fremdsteuerung Gebrauch machen zu können, eine Chance, Einfluss auf das Forschungsgeschehen zu nehmen.
Für Wirksamkeit und Effizienz ist jedoch die genaue Ausgestaltung entscheidend. Bei der Programmdefinition ist die Einbindung aller relevanten Communities entscheidend, um sie auf das gemeinsame Forschungsprogramm zu verpflichten und die Legitimität der getroffenen Auswahlentscheidung zu sichern. Durch Verbundprojekte kann der wechselseitige Austausch zwischen Forschern und Verwendern sichergestellt werden. Dabei kann die Bereitschaft der Verwenderseite, auch eigenes Geld in Forschungsprojekte zu investieren, als klarer Nachweis eines Praxisinteresses angesehen werden.
Der Transfer in die Praxis ist erfahrungsgemäß dann besonders hoch, wenn den geförderten FuE-Teams deutliche individuelle Vorteile daraus erwachsen. Der wichtigste Anreiz für die teilnehmenden FuE-Teams ist der individuelle Vorteil, der in der privaten Patentierbarkeit öffentlich (teil)finanzierter Forschung liegt. Diese Möglichkeit sehen die Forschungsförderbestimmungen in vielen Ländern vor; andere Modelle werden kaum noch praktiziert.[32] Neben dem „Zuckerbrot“ der individuellen Anreize darf aber auch die „Peitsche“ nicht vergessen werden, d. h. die Vorgabe einer klaren Zielorientierung und die regelmäßige Kontrolle des erreichten Fortschritts.
Hybridsteuerung kann aber auch keine Wunder vollbringen. Fehlen zu Fragen, die als wichtig erkannt wurden, die kompetenten Forscher oder erfolgversprechende Ansätze, wird auch viel Geld nur mediokre Forschungsresultate hervorbringen können. Außerdem gilt für problemorientierte Forschung genau wie für selbstgesteuerte Forschung: Für Forscher müssen attraktive Karrierepfade und Möglichkeiten zur Reputationsgenese zur Verfügung stehen, sonst kommen weder hochkarätige Forscher in das Feld, noch kann die Kommunikation ohne Reputationsmechanismen funktionieren. Instanzen der Hybridsteuerung stehen deshalb vor der ständigen Aufgabe, für den langfristigen Kompetenzaufbau genügend langen Atem zu haben und andererseits ausreichend flexibel zu bleiben, um auf neue Probleme reagieren zu können.

Schwächen Wie soeben schon angedeutet, kann Hybridsteuerung nur erfolgreich sein, wenn die fördernde Agentur einen hohen Wissensstand besitzt oder sich dessen versichert. Sowohl das Design des Programms als auch die Auswahlentscheidung zwischen alternativen Projekten erfordern ein hohes Maß an Sachwissen. Ist der Geldgeber eine staatliche Stelle, so erzeugt außerdem jede getroffene Programmselektion einen nicht zu unterschätzenden öffentlichen Legitimationsbedarf. Es gibt immer wieder marktliberale politische Strömungen, die eine staatliche Lenkung der Forschungs- und Technologieentwicklung grundsätzlich ablehnen, weil der Staat über die (zukünftigen) Bedürfnisse von Menschen und Unternehmen nicht besser Bescheid wüßte als diese selbst.
Trotz aller Bemühungen bleibt eine Informationsasymmetrie zwischen Förderagentur und Geförderten unvermeidlich, die von Projektmittelnehmern ungestraft ausgenutzt werden

[32] Die Förderregularien sahen früher in einigen Ländern z. B. eine (Teil-)Rückzahlungspflicht oder eine Erfolgsbeteiligung des Staates vor, falls aus öffentlich geförderten FuE-Projekten verwertbare Patente hervorgingen. Andere Bestimmungen regelten die Lizenzierungspflicht oder das Verbot zur Exklusivlizenzvergabe solcher Patente.

kann. Beim so genannten „Ressourcensplitting“ wird nur ein Teil der bewilligten Mittel zum vereinbarten Zweck eingesetzt, während „Trittbrettfahrer“ in ihren Projektanträgen einen Nutzen oder Problemlösungsbeitrag behaupten, bei dem Insidern von vornherein klar ist, dass dieser sich nicht realisieren lassen wird. Bei Änderung von Förderprogrammen lässt sich oft beobachten, dass die alten Ideen trotzdem weiter gefördert werden – es wurde einfach nur das Etikett gewechselt.
Ist die Hybridsteuerung eher am Modell der Selbststeuerung orientiert – wie im Falle des BMBF –, dann stellen sich auch die Nachteile der Selbststeuerung ein: Strukturkonservatismus und geringe Transferleistung in die Praxis. Wenn man sich beispielsweise die Förderprogramme des BMBF genauer anschaut, dann findet man eine bemerkenswerte Konstanz: Themen wie IuK-Technologien, Raumfahrt und Verkehr werden schon seit über 30 Jahren gefördert.
Außerdem wird die Transferleistung in die Praxis ohne eine klare anwendungsbezogene Zielorientierung der Förderung meist als unbefriedigend empfunden. Eine klare Zielorientierung z. B. auf Fortschritte in der Technologie-Entwicklung, wie etwa beim Konzept des DOE anzutreffen, kann aber dazu führen, dass besonders in der Endphase interessante und für den Erkenntnisfortschritt wichtige Fragestellungen „hinten runter fallen“. Hier sollte Vorsorge getroffen werden, dass solche Fragestellungen in andere, geeignetere Förderformen effektiv zurückgespeist werden können.

5.3 Eignung der Steuerungsverfahren

Im Abschnitt 2.3 wurde eine Modellvorstellung entwickelt, die hinsichtlich der Zielorientierung wissenschaftlicher Forschung zwischen vier verschiedenen Quadranten unterscheidet. Im Abschnitt 4.3.2 wurden, ausgehend von der Position der sozialen Relevanz, zu jedem Quadranten strategische Wissensziele formuliert. Folglich müssen auch die verschiedenen Steuerungsverfahren quadrantenweise geprüft werden, ob sie zur Verfolgung der Wissensziele geeignet sind.[33] Nachfolgend wird für jeden Quadranten aus dem zugehörigen strategischen Wissensziel das geeignete Steuerungsverfahren abgeleitet. Mit Blick auf eine künftig stärkere Berücksichtigung von Qualitäts- und Effizienzgesichtspunkten werden außerdem Verbesserungsvorschläge gegenüber den zuvor geschilderten gängigen Verfahrensweisen unterbreitet.

5.3.1 Bohrs Quadrant

Erklärungsorientierte Grundlagenforschung soll Strukturwissen generieren, das Fakten in Zusammenhänge einordnet und erklärt, Vorhersagen erlaubt und Komplexität durch Theoriebildung reduziert. Solche Forschungen sind vorwiegend auf Verständnis hin orientiert. Strukturwissen hat einen Eigenwert unabhängig von eventuellen außerwissenschaftlichen Verwendungszusammenhängen.
Für erklärungsorientierte Grundlagenforschung kommt allein Selbststeuerung in Frage. Aufgrund der zunehmenden Mittelknappheit müssen die konkreten Verfahren jedoch um

[33] Die Einordnung in die Quadranten muss bei allen Fragen der Forschungssteuerung ex ante erfolgen. Als Prüfkriterien eignen sich insbesondere die verfolgten Fragen und die dafür benutzten Methoden. Wenn sich das anvisierte Forschungsprojekt auf etabliertem Grund bewegt, können zusätzlich auch die erwarteten Ergebnisse herangezogen werden. Siehe hierzu die Ausführungen in den Abschnitten 2.3.3 und 4.4.3.

effizienz- und qualitätssichernde Elemente ergänzt werden. Das würde eine stärkere Kontrolle durch *Peer Review* und mehr Wettbewerbselemente in der Forschungsförderung bedeuten. Die DFG hat sich diesbezüglich als Instrument im Grundsatz bewährt, auch wenn es im Detail erhebliches Verbesserungspotential gibt.[34] Schwerer wiegt der fehlende Wettbewerb innerhalb der institutionell geförderten Einrichtungen. Hier wäre an die Einführung interner Strategiefonds zu denken, die einen gewissen Teil der institutionellen Mittel im Wettbewerb unter externer Begutachtung an profilbildende Vorhaben vergeben.[35]

Man darf jedoch nicht der Illusion verfallen, die Effizienz von Forschungsvorhaben in Bohrs Quadrant ex ante numerisch bestimmen zu wollen. Die in den Wissenzielen genannten Anforderungen an wissenschaftliches Wissen sind konfliktär,[36] so dass sich Fortschritte mal in der einen Richtung, mal in der anderen ergeben. Wie viel ein Forschungsvorhaben zum Erkenntnisfortschritt beitragen wird, ist dabei ex ante kaum abzuschätzen, weil sich Strukturwissen nur im Rahmen schon vorhandenen Strukturwissens vorausschauen lässt. Fortschritte gibt es zum einen innerhalb etablierter Forschungsprogramme, zum anderen durch Kontrastierung etablierter theoretischer Ansätze mit anderen Erklärungsmustern. Der Wissenschaftsphilosoph PAUL FEYERABEND (1924 - 1994) hat vehement für die Ansicht argumentiert, Wissenschaft werde durch Konkurrenz von Erklärungsansätzen vorangetrieben, nicht von der Dominanz eines Erklärungsmusters.[37] Angreifer etablierter Sichtweisen müssen daher faire Chancen erhalten, sonst erhält sich die ältere, nicht die bessere! Angreifer müssen aber ihre Kraft unter Beweis stellen und dürfen nicht auf Dauer alimentiert werden.

Wenn man also Effizienz, d. h. einen möglichst hohen Erklärungs- bzw. Prüfungszuwachs bei gegebenem Mitteleinsatz, in der Forschungsförderung anstrebt, dann sollte man vor allem Fächer unterstützen, die gerade ein Paradigma erworben haben oder sich in Umbruchphasen befinden. Für Forschungslinien, deren Verständnissuche dauerhaft im Ertrag unbefriedigend bleibt, sind hingegen die Mittel zurückzuführen. Gleiches gilt für bereits gut verstandene Gebiete, in denen wegen des abnehmenden Grenznutzens neue Erkenntnisse nur noch mit überproportional wachsendem Aufwand zu gewinnen sind.

Selbststeuerung bedeutet Qualitätssicherung durch *Peer Review*. Wie zuvor bereits festgestellt, neigt dieser Mechanismus aber zum Konservativismus – die Konkurrenz verschiedener Erklärungsansätze wird eher unterdrückt. Dieser Tendenz ließe sich entgegenwirken, indem bei der Bewertung von Forschungsmittelanträgen neue Ansätze einen Bonus gegenüber etablierten erhalten. Realisiert werden könnte dies beispielsweise durch ein Punktesystem, bei dem neben anderen Qualitätsdimensionen auch der Innovationsgrad beurteilt wird. Neue Ansätze könnten so etwaige Defizite bei anderen Qualitätsdimensionen ausgleichen.

---

[34] Siehe hierzu die Empfehlungen der DFG-Systemevaluation: Wilhelm Krull [Hrsg.], *Forschungsförderung in Deutschland. Bericht der internationalen Kommission zur Systemevaluation der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft*, Scherrer Druck Hannover 1999.

[35] Dies empfiehlt der Wissenschaftsrat in seinen *Thesen zur zukünftigen Entwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland*, Köln 2000, S. 54f.

[36] Im Abschnitt 2.1.1 werden einige dieser Anforderungen wie Detailgenauigkeit, möglichst großer intendierter Anwendungsbereich und Freiheit von Ad-hoc-Hypothesen diskutiert.

[37] Vgl. Paul Feyerabend, *Wider den Methodenzwang*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1983, (Original: *Against Method*, New Left Books London 1975).

Ein anderer Vorschlag läuft darauf hinaus, *Seed-Money* für neue Ansätze ohne Begutachtung durch Fachkollegen zur Verfügung zu stellen. In einer Art Lotterieverfahren könnten jährlich einige auf 5 Jahre befristeten Forschungsstellen inklusive Sachkosten ausgelost werden, wobei die Teilnahme auf Promovierte unter 40 Jahren beschränkt ist. Die Anträge werden lediglich auf formale Korrektheit geprüft, eine inhaltliche Prüfung des Vorhabens findet nicht statt. Wenn es dem Ansatz gelingt, binnen fünf Jahren innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft anerkannt zu werden, so dürfte seine Finanzierung auch im Rahmen der üblichen, auf *Peer Review* beruhenden Selbststeuerungsverfahren gesichert sein. Das Lotterieprinzip soll dazu führen, die Vielfalt von Ansätzen zu vergrößern, indem die Entwicklung gänzlich neuer oder die Wiederaufnahme von vor langer Zeit aufs Abstellgleis geschobener Erklärungsansätze unterstützt wird, die aber nur dann Chancen auf reguläre Förderung haben, wenn sie binnen einer angemessenen Frist Früchte tragen.

5.3.2 Edisons Quadrant

Edisons Quadrant ist auf außerwissenschaftliche Anwendung des erzeugten Handlungswissen hin orientiert. Angewandte Forschung soll Handlungswissen bereitstellen, mit dem sich Mittel zu vorgegebenen Zwecken auswählen und konstruieren lassen.
Aus Effizienzgründen sollte angewandte Forschung nur dann unterstützt werden, wenn es auch einen Interessenten für die erwarteten Ergebnisse gibt. Ziel muss die Anwendung des Wissens sein. Da die verfolgten Fragestellungen im Wesentlichen von außen kommen und die Resultate primär technologische Relevanz erwarten lassen, erscheint Fremdsteuerung als das geeignete Steuerungsverfahren.
Ein wesentliches Problem bei der Förderung angewandter Forschung besteht jedoch darin, dass manche der Forschungsinteressenten nicht in der Lage sind, Wissen von außen zu erwerben. Das betrifft insbesondere ältere und forschungsferne KMU.

Wie schon zuvor im Abschnitt 5.2.2 erläutert, bringt Fremdsteuerung auch einige Risiken mit sich. So besteht bei Forschungseinrichtungen mit hohem Fremdforschungsanteil die Gefahr, von der Entwicklung in benachbarten Forschungslinien abgekoppelt zu werden und in Routineaufgaben zu erstarren. Diese Gefahr kann man verringern, indem man Auftragsforschern auch einmal Raum gibt, eigene Ideen oder solche aus der neuesten Literatur zu verfolgen. So ist es in einigen Industrielaboren durchaus üblich, dass die Forscher „gezwungen“ werden, ca. ein Sechstel ihrer Arbeitskapazität nicht auf missionsorientierte Forschung zu verwenden. Analog wäre es sinnvoll, von Forschungseinrichtungen mit öffentlicher Teilgrundfinanzierung einen Nachweis zu verlangen, dass die Grundfinanzierung nicht zur Quersubventionierung der durchgeführten Forschungsaufträge verwendet wird, sondern zur Vorlaufforschung, zur Veröffentlichungstätigkeit und für verständnisorientierte Forschungen.
Fremdsteuerung ist außerdem eine Fixierung auf kurzfristige Ziele inhärent. Wenn sich bei Forschungsprojekten herausstellen sollte, dass sie nicht rasch genug zu einer Anwendung führen können, muss es daher Möglichkeiten geben, sie in einen anderen Quadranten zu überführen, in dem andere Förderverfahren mit anderen Leistungskriterien in Anschlag gebracht werden. Insbesondere sollten bessere Möglichkeiten geschaffen werden, während der Bearbeitung von Forschungsaufträgen entstandene verständnisorientierte Forschungsfragen auszukoppeln. Da die Möglichkeiten für Auftragsforscher, z. B. durch Wechsel der Institution einmal „auszusteigen“ und den eigenen Forschungsinteressen frei zu folgen,

wohl immer begrenzt sein werden, könnte ein denkbarer Ausweg in einer „Ideenbörse“ bestehen: Wer Forschungsideen hat, die er – aus welchen Gründen auch immer – nicht selbst verfolgen kann, bietet diese in einer öffentlichen Börse an. Um für die Teilnahme an der Börse einen Anreiz zu setzen, müsste der Börsenbetreiber Belohnungen für die kreativsten und hilfreichsten Ideen aussetzen.

5.3.3 Pasteurs Quadrant

Anwendungsorientierte Grundlagenforschung soll Verfügungswissen generieren, mit dem sich aus Einsicht in Wirkungszusammenhänge geeignete Mittel für externe Zwecke bereitstellen sowie unscharfe extrawissenschaftliche Zielvorstellungen präzisieren und Zielkonflikte aufdecken lassen. Pasteurs Quadrant ist sowohl auf Verständnis als auch auf Anwendung hin orientiert.

Dieser doppelten Zielorientierung kann man am besten gerecht werden, wenn sowohl Wissenschaftler als auch Verwender an der Definition von Forschungsvorhaben beteiligt sind. Daher ist Hybridsteuerung als das Mittel der Wahl in Pasteurs Quadrant anzusehen.

Wie schon in Abschnitt 3.3 ausgeführt, bringt der Übergang in den *Steady State* einen Zwang zur Prioritätensetzung mit sich. Unter Effizienzgesichtspunkten erscheint es daher sinnvoll, die Forschungsförderung auf wichtige Felder zu konzentrieren, bei denen man auch in absehbarer Zeit mit Fortschritten in Bezug auf die Anwendung rechnen kann.

Hybridsteuerung erfolgt heute zumeist über staatlich gesteuerte Programmforschung. Bei technologisch motivierten Fragestellungen kann die öffentliche Hand als Finanzier die Rolle eines neutralen Dritten einnehmen, weil Staat und Öffentlichkeit im Regelfall keine Eigeninteressen bezüglich der konkreten Lösung eines technischen Problems haben. Bei Themen hingegen, die gesellschaftlich-politisch relevant sind und daher Gegenstand auch der Politikberatung sind, kommt der Staat in eine merkwürdige Zwitterrolle – zum einen als Finanzier, zum anderen als handelnder Akteur. Deshalb werden die beiden Verwendungszusammenhänge *Technikgenese* und *Politikberatung*, die auch im Abschnitt 6.3 noch einmal aufgegriffen werden, im Folgenden getrennt betrachtet.

Technikgenese Hybridsteuerung bedient sich heute vor allem des Instruments der programmorientierten Projektförderung, die sich an FuE-Verbünde aus Unternehmen und Forschungspartnern richtet. Das finanzielle Engagement des Staates in der Technologieentwicklung wird damit begründet, dass forschungsbasierte Innovationen die Voraussetzung für weiteres Wirtschaftswachstum und zukunftssichere Arbeitsplätze seien, aber die Unternehmen nicht ausreichend in vorwettbewerbliche FuE-Aktivitäten investieren würden, weil sie das Risiko des Scheiterns fürchten oder weil sie nicht in den exklusiven Genuss der Ergebnisse erfolgreicher Projekte kämen. Die öffentliche Förderung trage zu einer rascheren Verbreitung von Forschungsergebnissen bei, als dies bei rein unternehmensinternen Vorhaben der Fall wäre, und verankere eine Innovationskultur auch bei *Second Movern*, den Nachzüglern im Innovationsgeschehen.

Die wirtschaftswissenschaftliche Innovationsforschung hat jedoch neben positiven auch negative Belege dafür gefunden, dass eine staatliche FuE-Politik, die auf direkte Forschungszuwendungen an Unternehmen setzt, die Innovationskraft eines Landes so stärkt,

dass es auf den Weltmärkten besser besteht.[38] Großprojekte wie der Schnelle Brüter oder der Transrapid haben sich nie zu Exportschlagern entwickelt. Die weniger spektakulären, dafür aber zahlenmäßig bedeutenderen Kleinprojekte werden in ihrer Wirkung im Allgemeinen positiver eingeschätzt, da sie die Innovationsfähigkeit der beteiligten Unternehmen nachweislich stärken. Im internationalen Vergleich wird jedoch unterschiedlich beurteilt, welches Förderinstrument (direkte Projektförderung, indirekte steuerliche FuE-Förderung usw.) unter welchen Bedingungen am besten geeignet ist. In Deutschland ist vor allem die direkte Projektförderung verbreitet, deshalb soll sie hier im Vordergrund stehen.
Ein wesentliches Handicap der staatlichen Projektförderung sind die zum Teil sehr langen Vorlaufzeiten; zwischen dem Zeitpunkt der ersten eingereichten Skizze und dem Vorhabensbeginn vergehen nicht selten Jahre. Das kann dazu führen, dass Unternehmen wichtige Vorhaben intern finanzieren und bevorzugt bei *Nice-to-Have*-Projekten auf die öffentliche Förderung zurückgreifen. Zwar soll durch die Eigenbeteiligung der Unternehmen ein Verwertungsinteresse aufrecht erhalten werden, in der Praxis ist es jedoch so, dass die tatsächlichen Förderquoten der Verbundprojekte häufig über 50% liegen, weil Hochschulen und Forschungseinrichtungen ohnehin mit 100% gefördert werden, während Unternehmen nicht selten überhöhte Kostenkalkulationen einreichen oder einen Teil der Mittel für andere Ziele einsetzen. Zwar werden solche Praktiken durch die geforderten Verwendungsnachweise erschwert, doch gänzlich verhindern lassen sie sich nicht. Kritisch wird ferner von der wirtschaftswissenschaftlichen Innovationsforschung diskutiert, ob die staatlichen FuE-Zuwendungen an Unternehmen nicht zu bloßer Substitution privater Mittel führen. Die Faktenlage ist hier umstritten. Eine neuere Untersuchung belegt, dass jeder Euro des BMBF mindestens einen weiteren Euro in den geförderten Unternehmen mobilisiert.[39]
Die lange Dauer des Förderprocederes von der Programmgestaltung bis zur Projektauswahl ist vor allem in Technologiefeldern mit kurzen Innovationszyklen kritisch. Beispielsweise bei den Informationstechnologien kann die öffentliche Förderung kaum Schritt mit der raschen wissenschaftlich-technischen Entwicklung halten. Die Tendenz geht in solchen Feldern zu so genannten *offenen Förderprogrammen*, die zu präzise Zielstellungen vermeiden, deren Erfolg damit aber auch nicht mehr so einfach kontrollierbar ist.

Angesichts dieser zum Teil kritischen Befunde stellt sich die Frage, ob Hybridsteuerung nicht besser ihren Ansatzpunkt im Innovationsgeschehen verlagern und auch am *Demand Pull* statt fast ausschließlich am *Science Push* bzw. *Technology Push* ansetzen sollte. Historische Vorbilder gibt es hierfür genug: In früheren Jahrhundert war es weit verbreitete Praxis, dass für die Lösung brennender Probleme hohe Preisgelder ausgesetzt wurden. Das wohl berühmteste Beispiel ist die genaue Bestimmung der geographischen Länge auf See, die zur sicheren Hochseenavigation unumgänglich war.[40] 1598 schrieb PHILIPP III.

[38] An dieser Stelle sei nur auf zwei Arbeiten von HENNING KLODT verwiesen, *R&D Subsidies and Export Performance of Manufacturing Industries*, Technovation **7** (1987), S. 51 - 61, und *Effizienz der staatlichen Forschungsförderung: Ergebnisse empirischer Studien im Überblick*, unveröff. Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Institut für Weltwirtschaft Kiel 1998.

[39] Vgl. die Studie *Öffentliche Förderung der Forschungs- und Innovationsaktivitäten von Unternehmen in Deutschland*, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung Mannheim 2002, S. 80ff.

[40] Vergleiche den Abschnitt „Das Preisauschreiben als Planungskonzept“ bei Peter Weingart, *Wissensproduktion und soziale Struktur*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1976, S. 136 - 139, oder Bd. III *Mechanisierung und Maschinisierung 1600-1840* des Lexikons *Technikgeschichte*, Propyläen Berlin 1990-92, S. 210f., oder das Kapitel „Die Erfindung des Seechronometers“ in Gerald J. Whitrow, *Die Erfindung der Zeit*, Junius Hamburg 1991, S. 213 - 223 (Original: *Time in History*, Oxford University Press 1988).

VON SPANIEN, an sicheren Handels- und Eroberungsfahrten seiner Flotte interessiert, als Erster einen Preis für die Lösung des Problems aus. Holland und Frankreich folgten, England setzte 1714 gar ein *Board of Longitude* ein und lobte die enorme Summe von 20.000 Pfund Sterling für eine Methode aus, deren Abweichung nach einer Reise von England nach Westindien weniger als einen halben Längengrad betrüge. Kleinere Preise winkten für weniger exakte Methoden. Die Höhe der Preisgelder animierte eine große Zahl von Wissenschaftlern, Handwerkern und Amateuren zur Beschäftigung mit dem Problem, dennoch blieb es über Jahrhunderte de facto ungelöst. Es wurden die verschiedensten Lösungswege ausprobiert, z. B. erhielt der Göttinger Physikprofessor TOBIAS MAYER (1723 - 1762) für seine Mondtabellen einen Teil des englischen Preisgelds. Zufriedenstellend gelöst hat die Aufgabe jedoch erst der englische Uhrmacher JOHN HARRISON (1693 - 1776), der 1772 für sein Seechronometer 18.500 Pfund erhielt.

Ein symbolisches Preisgeld wird heute nur selten einen ausreichenden Anreiz für meist sehr kostspielige FuE-Anstrengungen bieten. Der Staat könnte jedoch seine erhebliche Nachfragemacht ausnutzen und ankündigen, die ersten, hinreichend qualifizierten Lösungen für ein technisches Problem in einem definierten Umfang abzunehmen *(Technology Procurement)*. Im Bereich der Militärtechnik ist dieses Vorgehen gang und gäbe, warum sollte dies nicht auch im zivilen Sektor ausprobiert werden?

Die Vorteile liegen auf der Hand: Die Unternehmen wären frei, den ihnen am sinnvollsten erscheinenden Weg so schnell wie möglich zu beschreiten, und hätten die Gewissheit eines sicheren ersten Absatzmarktes. Der Staat müsste nur im Erfolgsfalle zahlen und hätte darüber hinaus den Vorteil, ex ante keine Auswahl zwischen konkurrierenden Lösungsansätzen treffen zu müssen. Die Schwierigkeit aber liegt – neben der Überwindung haushaltsrechtlicher Beschränkungen – vor allem darin, den aufgrund seiner Entscheidungsstrukturen stets auf Bewährtes setzenden Staat in einen risikofreudigen *Early Adopter* zu verwandeln. Deshalb mag es erfolgversprechender sein, wenn der Staat nicht selbst als Nachfrager auftritt, sondern durch entsprechende Regelungen eine private Nachfrage nach innovativen Gütern schafft. Diese Strategie hat Japan im 20. Jahrhundert sehr erfolgreich angewendet. Die japanische Regierung hat kaum direkte FuE-Unterstützung an Unternehmen gegeben, den Unternehmen aber einen gesicherten Heimatmarkt geboten und die Exportbemühungen unterstützt. Ähnlich stimulierend wirken ordnungsrechtliche Maßnahmen wie die Ankündigung Kaliforniens, in absehbarer Zeit einen gewissen Anteil von *Zero-Emission-Cars* verpflichtend zu machen, woraus entsprechende FuE-Anstregungen der Automobilhersteller erwachsen sind.

Politikberatung Die heute üblichen Verfahren der Hybridsteuerung sind bevorzugt auf eine Kopplung zwischen wissenschaftlicher Forschung und technologischer Entwicklung hin ausgerichtet: Mit dem Instrument der Verbundprojekte werden Industrieunternehmen und naturwissenschaftliche Forschungseinrichtungen zusammengebracht; die Förderbestimmungen sehen Anreize wie die eigennützige Patentierung vor. Diese Transferanreize greifen jedoch nicht bei Themen wie z. B. dem demographischen Wandel, die weniger technologisch als gesellschaftlich-politisch relevant sind. Forschungsprojekte zu politisch brisanten Themen, die von Verbundpartnern wie Bundesbehörden, Tarifpartnern oder Verbänden getragen werden müssten, sind sehr selten, wenn nicht gar völlig ausgeschlossen.

Bei gesellschaftlich-politisch relevanten Themen, zu denen die in dieser Arbeit thematisierten Herausforderungen wie *Global Change* und demographischer Wandel gehören, fehlt bislang eine geeignete Verzahnung zwischen Forschung und Umsetzungspraxis. Nun ist jedoch die Vorstellung, man brauche nur die Forschung zu finanzieren und die gewonnenen Ergebnisse verbreiteten sich dann von selbst, unrealistisch.[41] Es stellt sich daher die Frage, wie Hybridsteuerung im Bereich der Politikberatung ausgestaltet werden kann. Möglich wäre, dass der Forschungsfinanzier gezielte Maßnahmen zur Verbreitung von Forschungsergebnissen unterstützt. So hat das BMBF beispielsweise im Rahmen des Demographie-Schwerpunkts eine Informationstour finanziert, die Betriebe und Arbeitsämter auf die schlummerde Zeitbombe des demographischen Wandels aufmerksam gemacht hat. Dies geht aber nur bei politisch unkontroversen Themen. Sobald es um politisch umstrittene Lösungsvorschläge geht, halten staatliche Forschungsfinanziers den Legitimationsdruck nicht mehr aus. Dies zeigt sich beispielhaft in der Ressortforschung: Für Behörden ist es rational, nur Forschungsaufträge mit der gewünschten politischen Zielrichtung zu vergeben und die Verbreitung abweichender Resultate nicht zu befördern. Auftragsforschung macht die Wissenschaft von der Politik auch inhaltlich abhängig, da die Produzenten unliebsamer Resultate damit rechnen müssen, bei späteren Auftragsvergaben eventuell nicht mehr berücksichtigt zu werden, was die Anreize zum Abliefern mehr oder minder „bestellter“ Gutachten verstärkt.

Es verwundert nicht, dass staatlich dirigierte Forschungsförderung nur eine geringe Neigung zeigt, bei offenkundigen Umsetzungsmängeln politischer Ziele die im Handeln anderer staatlichen Akteure liegenden Ursachen zu untersuchen. Um es an einem Beispiel zu verdeutlichen: Der vielfach beklagte Trend zur Suburbanisierung wird wesentlich durch die steuerliche und sonstige staatliche Eigenheimbauförderung verstärkt – den Bauminister und die Wirkung seiner Entscheidungen zu beforschen wird sich ein Forschungsministerium aber nicht getrauen, man will sich ja im Ressortkreis nicht unnötig unbeliebt machen.

In der Summe bleibt festzuhalten, dass Hybridsteuerung bisher kaum auf Forschungsthemen angewendet wird, die das Handeln staatlicher Akteure betreffen. Statt dessen wird bei solchen Themen auf die Instrumente der Fremdsteuerung (Auftrags-, Ressortforschung) zurückgegriffen, oder es fehlt an der Kopplung zwischen Forschung und Umsetzungspraxis. So lange staatliche Stellen sowohl über die Vergabe der Projektmittel entscheiden als auch Adressaten der Forschungsergebnisse sind, wird sich daran auch nichts ändern.

Im Abschnitt 6.3.2 wird dieses Thema noch einmal unter dem Aspekt des Wissenstransfers zwischen Wisenschaft und Politik in der Politikberatung aufgegriffen. Im Kapitel 8 wird dann als Ausblick ein integratives Lösungsmodell skizziert, dass sowohl den Aspekt der Forschungssteuerung als auch den Aspekt des Wissenstransfers umfasst.

5.3.4 Linnés Quadrant

Phänomenorientierte Grundlagenforschung soll als „Auge der Menschheit“ in jeden nur erdenklichen Winkel schauen und solides Faktenwissen beschaffen. Sie ist weder auf Verständnis noch auf Anwendung hin orientiert. Faktenwissen hat einen Eigenwert, gleichwohl kann es aber auch für andere Forschungen oder wissenschaftsexterne Probleme relevant sein.

[41] In der Wissensmanagement-Debatte werden die Ursachen, weshalb fremdes Wissen nicht genutzt wird, in extenso diskutiert.

Damit dem Auge nichts entgeht, muss es das gesamte Gelände streifen und seinen Horizont möglichst immer weiter ausdehnen. Wissenschaftler müssen sich also selbst immer wieder neue Fragen stellen und neugierig auf noch unberührte Terra incognita sein. Wissenschaftliche Neugierde wird noch am ehesten durch Selbststeuerung belohnt. Um mit den beschränkten Mitteln Fakten aus einer Vielfalt von Phänomenbereichen zu beschaffen, muss jedoch unter Effizienzgesichtspunkten bei der Beurteilung von Forschungsanträgen stärker als bisher darauf geachtet werden, dass die untersuchten Phänomenbereiche entweder neu erschlossen werden oder ein quadrantenexternes Interesse an den zu beschaffenden Fakten nachweisbar ist. Bei Faktensammlungen muss Breite vor Tiefe gelten, sofern kein quadrantenexternes Interesse nachweisbar ist.

Faktenwissen kann sowohl für verständnisorientierte Forschungen zur Auffüllung von Strukturwissen mit empirischen Befunden als auch für anwendungsorientierte Forschungen als Material für Handlungswissen relevant sein. Daher kommt es oft zur Induzierung phänomenorientierter Forschung durch Forschungsaktivitäten anderer Quadranten. Entsprechend können die dort praktizierten Verfahren der Forschungssteuerung auch auf Linnés Quadrant durchgreifen. Beispielsweise unterliegen die Faktensammlungen des Statistischen Bundesamtes der bei Ressortforschungseinrichtungen üblichen Fremdsteuerung. An den Datensammlungen der Astronomen hingegen besteht hingegen oft kein Anwendungsinteresse – hier wäre Selbststeuerung das Mittel der Wahl.

Für die Beschaffung von neuem Faktenwissen sind in experimentellen Wissenschaftszweigen oft neuartige Instrumente notwendig. Forschungen in Linnés Quadrant gehen daher oft mit Aktivitäten der technischen Entwicklung einher, insbesondere in Zuses Quadrant, die wiederum außerwissenschaftlich für die technologische Entwicklung relevant sein können. Daher mögen für solche Forschungen höhere Mittelzuweisungen angemessen sein, als allein aufgrund des Zuwachses an Faktenwissens gerechtfertigt wäre. Andererseits unterliegen apparativ gestützte Datensammlungen dem in Abschnitt 3.2.2 diskutierten abnehmenden Grenznutzen in besonderer Weise. Die Teilchenphysik zeigt sehr eindrucksvoll den eskalierenden Aufwand, den sie mit ihren immer gewaltigeren Beschleunigern für ihre Datensammlungen betreibt. In Zeiten des *Steady State* ist daher zu überlegen, ob lang etablierte und sehr ressourcenintensive Linien der Großforschung nicht zugunsten nur wenig erforschter und daher sehr viel günstiger zu untersuchenden Phänomenbereiche beschränkt werden sollten. Konkret betrifft das gegenwärtig die Hochenergie- und Astrophysik.

5.4 Schlussfolgerung: Kopplung Wissenschaft-Politik stärken

Nachdem der Baustein *Steuerung der Wissensproduktion* beschrieben wurde, gilt es nun, das Beschriebene auf die in der Einleitung formulierte Leitfrage zu beziehen: *Welche Anforderungen stellen sich an die Forschungssteuerung, damit die Wissenschaft optimal zur Lösung von gesellschaftlich als relevant angesehenen Problemen beitragen kann?*

Ist die gesellschaftliche Relevanz eines vorhandenen oder sich abzeichnenden Problems anerkannt, so sind die damit verbundenen Forschungsfragen in *Pasteurs Quadrant* einzuordnen. Wie die Analyse gezeigt hat, sind hier weder Selbst- noch Fremdsteuerung der Forschung das Mittel der Wahl, sondern Verfahren der Hybridsteuerung, die einen Abgleich zwischen wissenschaftlich Möglichem und gesellschaftlich Nötigem gewährleisten.

Die etablierten Verfahren der Hybridsteuerung, etwa die programmorientierte Projektförderung durch das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung, sind bisher fast ausschließlich auf eine Kopplung zwischen Forschung und Technikentwicklung ausgelegt. Die genutzten Förderinstrumente setzen überwiegend am *Technology Push* bzw. *Science Push* an; der für den Innovationserfolg nicht minder entscheidende *Demand Pull* wird vernachlässigt. Dabei könnte staatliche Politik auch hier ansetzen, etwa indem die öffentliche Hand ihre nicht unerhebliche Nachfragemacht zugunsten gewünschter Innovationen einsetzt *(Technology Procurement)* oder indem eine „Innovationspolitik aus einem Guss“ günstige Rahmenbedingungen schafft. Den für Forschungs- und Innovationsförderung zuständigen Ministerialverwaltungen wäre daher zu empfehlen, die Einbeziehung nachfrageseitiger Instrumente verstärkt zu prüfen und zu erproben.
Probleme wie der demographische Wandel oder die globalen Umweltveränderungen lassen sich aber nicht allein technisch lösen, vielmehr müssen zahlreiche gesellschaftliche und politische Akteure ihr Verhalten ändern. Nötig wäre dafür eine Hybridsteuerung, die auf Anwenderseite auch öffentliche Stellen (Behörden, Krankenkassen, Schulen etc.) einbezieht. Es wäre jedoch absurd, von staatlich dirigierter Forschungsförderung zu erwarten, bei offenkundigen Umsetzungsmängeln politischer Ziele die im Handeln anderer politischer oder gesellschaftlicher Akteure liegenden Ursachen zu untersuchen. Bei umstrittenen Themen hielte kein staatlicher Forschungsfinanzier den einsetzenden Legitimationsdruck aus.
Wird daher ersatzweise auf Selbststeuerung gesetzt, so fehlt es an einer effektiven Verzahnung zwischen Forschung und Praxis. Die Vorstellung, man müsse nur die Forschung finanzieren und die Ergebnisse verbreiteten sich dann von selbst, ist unrealistisch. Fremdsteuerung ist auch keine geeignete Alternative. Auftragsforschung macht die Wissenschaft zu stark von der Politik abhängig, da Produzenten unliebsamer Resultate damit rechnen müssen, bei späteren Auftragsvergaben nicht mehr berücksichtigt zu werden, was einen klaren Anreiz zum Abliefern mehr oder minder bestellter Gutachten bedeutet.

Die Bewältigung der wissenschaftsinduzierten Herausforderungen, die Gegenstand dieser Arbeit sind, verlangt eigentlich nach einer Hybridsteuerung, bei der auch staatliche Stellen zu den Adressaten der Forschungsergebnisse zählen. Hierfür kommen aber nur Verfahren in Frage, bei denen keine staatlichen Stellen über die Mittelvergabe entscheiden. Die vorhandenen Stiftungen können diese Rolle auch nicht einnehmen, weil sie finanziell viel zu schwach sind und außerdem nicht ausreichend legitimiert, um als Finanzier akzeptiert zu werden. Ein funktionsfähiges Modell fehlt bisher. Im Kapitel 8 wird als Ausblick ein visionäres Konzept dafür entworfen.

Kapitel 6

Transfer von Wissen

Unter dem Titel „Wissenstransfer“ sind drei Bausteine der betrieblichen Wissensmanagement-Debatte subsumiert worden, nämlich:

- Wissens(ver)teilung,
- Wissenserwerb und
- Wissensnutzung.

Der zuerst genannte Baustein, die Wissens(ver-)teilung, nimmt in der betrieblichen Wissensmanagement-Debatte breiten Raum ein. Der Fokus liegt dabei auf der Umwandlung von privatem Wissen in kollektives, vorzugsweise kodifiziertes Wissen. Kontrovers wird dabei das Aufwand : Nutzen - Verhältnis der Umwandlung von privatem unbewussten Wissen *(Tacit Knowledge)* in kollektives kodifiziertes Wissen diskutiert. Neben der Kollektivierung von Wissen wird aber auch thematisiert, wie sichergestellt werden kann, dass jeder Mitarbeiter Zugang zu dem für ihn wichtigen Wissen erhält, aber nicht mit Irrelevanten zugeschüttet wird. Bullinger et al. (1998) schreiben hierzu:

> Die (Ver-)teilung von Erfahrungen in der Organisation ist die zwingende Voraussetzung, um isoliert vorhandene Informationen oder Erfahrungen für die gesamte Organisation nutzbar zu machen. Die Leitfrage lautet: Wer sollte was in welchem Umfang wissen oder können? [...]
>
> H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto (1998), *Wissensmanagement*, S. 29

In der Wissenschaft gibt es – wie bereits im Kapitel 2 dargelegt wurde – im Unterschied zu den meisten Unternehmen starke Anreizmechanismen, um privates Wissen zu verschriftlichen und anderen zugänglich zu machen. Die Fragestellung der Kollektivierung wird im **Abschnitt 6.5** kurz abhandelt und als Überleitung ins Kapitel 7 genutzt, das sich mit der Speicherung und Bewertung des vorhandenen Wissensbestandes beschäftigt.

Unter Wissenserwerb wird im betrieblichen Wissensmanagement der Erwerb von organisationsfremden Wissen durch die betrachtete Organisation verstanden:

> Durch die weltweite Wissensexplosion und gleichzeitige Wissensfragmentierung sind Unternehmen immer weniger in der Lage, sämtliches für den Erfolg notwendige Know-how aus eigener Kraft zu entwickeln. Statt dessen müssen heute kritische Fähigkeiten auf den verschiedenen Wissensmärkten erworben werden. Die Akquisition von Wissen anderer Firmen wird häufig eingesetzt, um Zukunftskompetenzen schneller aufzubauen, als dies aus eigener Kraft zu bewerkstelligen wäre. [...]
> Der Erwerb von Stakeholderwissen ist häufig ein günstiger Weg, um an zentrale Ideen und Verbesserungsvorschläge zu gelangen. So können beispielsweise zum Erwerb des Wissens der eigenen Kundschaft, Schlüsselkunden in den Entwicklungsprozeß involviert werden oder Kooperationen in Pilotprojekten eingegangen werden. [...]

Der Erwerb von Wissen externer Wissensträger (z. B. Rekrutierung von Spezialisten) kann über klassische Personalakquisitionsstrategien oder unter Einschaltung externer Helfer wie Headhunter oder Personalberater erfolgen. [...]
Im Gegensatz zur Akquisition der Fähigkeiten von Wissensträgern und Experten steht der Erwerb von Wissensprodukten wie beispielsweise Software, Patenten oder CD-ROMs. Durch den Ankauf solcher Wissenskonserven gelangt die Organisation aber nicht automatisch in den Besitz von organisationalen Fähigkeiten.

H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto (1998), *Wissensmanagement*, S. 27

Anders als beim betrieblichen Wissensmanagement geht es in der Wissenschaft um öffentliches, nicht um kollektives Wissen. Daher stellt sich die Frage nach Wissenserwerb im oben genannten Sinne in der Wissenschaft nur, wenn man eine organisationsspezifische Perspektive (z. B. die eines Forschungsinstituts) einnimmt. Da hier aus dem Blickwinkel eines nationalen Wissenschaftssystems argumentiert werden soll, ist Wissenserwerb gleichbedeutend mit dem internationalen Austausch von Forschern und Resultaten. Dieser Fragestellung ist **Abschnitt 6.4** gewidmet.

Der dritte Baustein, die Wissensnutzung, ist Ziel und Zweck eines jeden Wissensmanagements. Allerdings stellt sich die Wissensnutzung nicht automatisch ein, wenn vorhandenes Wissen erfolgreich identifiziert und zugänglich gemacht wurde. Bei Bullinger et al. (1998) heißt es:

Die Wissensnutzung, also der produktive Einsatz organisationalen Wissens zum Nutzen des Unternehmens, ist Ziel und Zweck des Wissensmanagements. Mit erfolgreicher Identifikation und (Ver-)teilung zentraler Wissensbestandteile ist die Nutzung im Unternehmensalltag nicht sichergestellt. Die Nutzung ‚fremden' Wissens wird durch eine Reihe von Barrieren beschränkt.

H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto (1998), *Wissensmanagement*, S. 25f.

Da die Leitfrage der Arbeit lautet, wie die Wissenschaft zur Lösungsweggenese für die heutigen großen Herausforderungen beitragen kann, wird der Frage der Wissensnutzung der meiste Raum gewährt. Im Modellkapitel wurde festgestellt, dass das Wissenschaftssystem in einem regen Austauschverhältnis mit seiner Umwelt steht. An dieser Stelle soll nun der Transfer von *Wissen* – ob nun kodifiziert oder an Manpower gebunden – im Zentrum stehen. Der in seiner Wichtigkeit immer wieder betonte Austausch von Fragen ist Gegenstand der Kapitel 4 und 5.
Zum einen wird wissenschaftliches Wissen außerhalb der Wissenschaft genutzt, wie im **Abschnitt 6.3** ausgeführt. Im Modellkapitel wurde bereits die enge Verzahnung von Wissenschaft und Technik angesprochen, dieses Thema wird hier unter Technikgenese wieder aufgenommen. Aber gerade im Hinblick auf unser Leitthema ist auch Nutzung wissenschaftlicher Ergebnisse im politischen Prozess von besonderer Bedeutung.
Zum anderen wird Wissen auch innerhalb der Wissenschaft im Forschungsvollzug genutzt, wenn bei einer Forschungsaufgabe auf bereits bestehendes Wissen zurückgegriffen werden muss. Qualitativ hochwertige Forschung setzt voraus, dass man alles relevante Vorwissen bei der Forschungsaufgabe berücksichtigt. Es ist eine Aufgabe der wissenschaftlichen Qualitätssicherung, die Kohärenz des erzeugten Wissens sicherzustellen. Aufgrund der Binnendifferenzierung der Wissenschaft lassen sich zwei Modi beim innerwissenschaftlichen Wissenstransfer unterscheiden: Dem Austausch über Disziplingrenzen hinweg ist **Abschnitt 6.2** gewidmet, der Transfer innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinschaft wird in **Abschnitt 6.1** beleuchtet.

6.1 Intradisziplinäre Wissensverteilung

Im Abschnitt 2.5 wurde ausgeführt, dass sich innerhalb der Wissenschaft eine Binnendifferenzierung in Fächer und Disziplinen ausgebildet hat, die sich insbesondere auch in den Kommunikationsprozessen zeigt. Die Transferprozesse innerhalb einer abgrenzbaren wissenschaftlichen Gemeinschaft – egal, ob auf der Ebene der Fächer oder stärker aggregiert auf der Ebene der Disziplinen – sollen hier als *intradisziplinäre Wissensverteilung* thematisiert werden. Eine Fachgemeinschaft ist insbesondere dann institutionalisiert zu nennen, wenn sie über einen Ausbildungsgang, eine eigene Zeitschrift und eine Fachgesellschaft verfügt, die regelmäßig Kongresse veranstaltet. Damit sind auch schon die wichtigsten Kommunikationskanäle benannt:

- Lehre
- Tagungen
- Publikationen
- Informelle Kontakte

Diese vier Transferkanäle werden im Folgenden untersucht, wobei jeweils die drei Aspekte *Prinzip, Probleme, Perspektiven* behandelt werden.

6.1.1 Lehre

Die Lehre dient der Weitergabe des vorhandenen Wissens an die nachfolgende Generation. Die typischen Lehrveranstaltungen – Vorlesungen, Seminare, Übungen und Praktika – müssen wegen ihrer allgemeinen Bekanntheit hier nicht beschrieben werden. Der Lernfortschritt wird durch mündliche, schriftliche oder auch praktische Prüfungen kontrolliert. Für den Erwerb akademischer Grade und Titel ist darüber hinaus oft die Durchführung einer Forschungsarbeit erforderlich, mit der die Fähigkeit zu eigenständigem Forschen erworben und nachgewiesen werden soll.
Bei der Qualifizierung von Manpower wird individuelles Wissen gebildet und testiert, welches zum Teil als artikulierbares, zum Teil aber auch nur als unbewusstes Wissen vorliegt. Insbesondere die Fähigkeit zu eigenständiger Forschung verlangt viel *Tacit Knowledge*, das nur durch Übung erworben werden kann. Die Lehre umfasst also nicht nur den Erwerb artikulierbaren Wissens, sondern auch die Einsozialisierung wissenschaftlicher Normen, Paradigmen, Ontologien und Denkstile.[1]

Im 20. Jahrhundert ist der Bedarf an hochqualifizierten, akademisch gebildeten Arbeitskräften massiv angewachsen.[2] Entsprechend ist die Studierendenquote zwischen 1960 und 2000 von 5% auf 30% gestiegen.[3] Seither klagen Hochschullehrer über anonyme Massenuniversitäten und das sinkende intellektuelle Durchschnittsniveau der Studierenden.

[1] Die Macht dieser Einsozialisierung ist schön beschrieben bei Thomas S. Kuhn, *Die grundlegende Spannung: Tradition und Neuerung in der wissenschaftlichen Forschung*, in: Ders., *Die Entstehung des Neuen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1978, S. 308 - 326 (Original: *The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research*, in: C. W. Taylor [Hrsg.], *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Scientific Talent*, University of Utah Salt Lake City 1959, S. 162 - 174).

[2] In Deutschland wurden nach engagierten Warnrufen – etwa Georg Pichts *Die deutsche Bildungskatastrophe*, Herder Freiburg/Br. 1964 – auf den veränderten Bedarf z. B. mit der Gründung neuer Hochschulen und dem Öffnungsbeschluss von 1977 reagiert.

[3] Persönliche Auskunft von Wolfgang Günther (BMBF) am 21.2.2003.

Gleichzeitig ist das uralte Grunddilemma der Hochschullehre schärfer zu Tage getreten: Die doppelte Zielorientierung zum einen auf Vermittlung des bestehenden Wissenscorpus und zum anderen auf Anwendbarkeit des Erlernten. Traditionell ist die Lehre stark am Verbleib im Wissenschaftssystem orientiert und damit an der Vermittlung des Bekannten – mit der Folge, dass die über 90% aller Absolventen, die in die Wirtschaft oder Verwaltung wechseln, über zu geringe Praxisrelevanz ihres zu langen Studiums klagen. Die Hochschulen haben jedoch begonnen, sich bei der Einrichtung *neuer* Fächer stärker an den vermuteten Beschäftigungschancen ihrer Absolventen auf dem Arbeitsmarkt zu orientieren.[4]

Als Ausweg bleibt wohl nur eine stärkere Differenzierung der Hochschulen und/oder der Bildungsangebote, um den verschiedenen Bedürfnissen gerecht werden zu können. Konkret könnte dies einen verstärkten Ausbau der Fachhochschulen bedeuten, wie es etwa der Wissenschaftsrat vorschlägt. Ein anderer Vorschlag läuft darauf hinaus, den Hochschulen mehr Autonomie z. B. bei der Auswahl ihrer Studierenden einzuräumen, damit sie sich stärker profilieren und aus dem Einheitsbrei der deutschen Hochschullandschaft abheben können. Heiß diskutiert wird derzeit auch die Einführung des zweizügigen angelsächsischen Systems mit einem drei- bis vierjährigen grundständigen Studium, das zum berufsqualifizierenden Bachelor-Abschluss führt, und darauf aufbauenden Master- oder Ph.D.-Studiengängen. Neben einer Studienzeitverkürzung bis zum ersten Abschluss erhofft man sich davon eine bessere internationale Vergleichbarkeit der deutschen Abschlüsse und eine höhere Attraktivität des Studienorts Deutschland für Ausländer.
Wer eine deutsche Hochschule betritt, dem wird angesichts des baulichen Zustands sofort ins Auge fallen, dass die deutschen Hochschulen finanziell ausgeblutet sind. Der jährliche Fehlbetrag wurde 1993 nach Berechnungen der Finanz- und Kultusminister auf ca. 2 Mrd. € beziffert, den die Länder wegen klammer Kassen auf absehbare Zeit nicht aufbringen können.[5] Die Hoffnung auf die demographisch bedingte „Durchtunnelung des Studentenbergs“ hat sich als trügerisch erwiesen. Daher wird nun heftig über die Beteiligung der Studierenden an der Hochschulfinanzierung durch Studiengebühren gestritten.
Aufgrund des chronischen Geldmangels wird neben der Forschung auch die Lehre von Forderungen nach Qualitäts- und Effizienzsteigerungen nicht verschont bleiben, wie bereits im Abschnitt 3.3.2 angedeutet. Eine weitere Professionalisierung der Lehre erscheint unvermeidlich. Die Verschulung zumindest des grundständigen Studiums wird weiter zunehmen. Damit gerät die Lehrfreiheit der Professoren zu einer Illusion – die Verantwortung für eine adäquate und „evaluationsfeste“ Lehre wird vom individuellen Professor auf die Fakultäten übergehen.[6] In diesem Zusammenhang wird auch die Beurteilung der Lehrqualität einen stärkeren Einfluss auf die individuelle Karriere des akademischen Personals nehmen als bisher. Obwohl die HUMBOLDTsche Vision der Einheit von Lehre und Forschung nach wie vor bestechend ist, so muss man doch realistischerweise konstatieren, dass es doch nur wenige Talente gibt, die gleichzeitig exzellente Forscher und brillante akademi-

[4] Vgl. Peter Weingart, *Die Stunde der Wahrheit?*, Velbrück Weilerswist 2001, S. 186f.

[5] Zahlen nach Peter Glotz, *Im Kern verrottet? 5 vor 12 an Deutschlands Universitäten*, DVA Stuttgart 1996, S. 25f.

[6] Generell empfehlen ausgewiesene Kenner der Materie eine Stärkung der zentralen Macht von Hochschul- und Fakultätsleitung zu Lasten der einzelnen Professoren, vgl. Glotz (1996), S. 111f., oder Martin Trow, *Die Universität am Ende des 20. Jahrhunderts und Tendenzen ihrer zukünftigen Entwicklung*, in: Hermann Röhrs [Hrsg.], *Tradition und Reform der Universität unter internationalem Aspekt*, Lang Frankfurt/Main 1987, S. 343ff.

sche Lehrer sind. Man wird wohl nicht umhin kommen, vom Bild des Einheitsprofessors abzurücken und an den Hochschulen differenzierte Karrierepositionen anzubieten. Der Wissenschaftsrat formulierte hierzu unter der Überschrift „Erneuerung der Einheit von Forschung und Lehre“:

In Deutschland ist bis heute im Unterschied vor allem zur Situation an den Hochschulen in den USA die Einheit von Forschung und Lehre überwiegend individualisiert. Es ist Sache des einzelnen Universitätslehrers, mit welchem Engagement er seine Teilaufgabe Forschung leistet. Im künftigen Hochschulsystem sollte aus der individuellen Verantwortung eine institutionelle des Fachbereichs, der Fakultät und der Universität werden. Die Aufgabe der Einheit von Forschung und Lehre wird dann in unterschiedlicher Weise erfüllt werden können. Wenn die Institution die Verantwortung trägt, kann sie Mitglieder weitgehend oder insgesamt von Aufgaben in der Lehre freistellen, falls andere durch verstärkten Einsatz in der Lehre dafür sorgen, daß die der Institution obliegende Lehrverpflichtung erfüllt wird.

Wissenschaftsrat (2000), *Thesen zur künftigen Entwicklung des Wissenschaftssystems*, S. 65

Auch wenn der Trend unstrittig ist, dass die Wissensvermittlung in der Gesellschaft weiter an Bedeutung gewinnen wird, so ist doch die Frage offen, was die verschiedenen Bildungseinrichtungen zu leisten im Stande sind und welchen Lernformen die Zukunft gehört. Hier seien nur die derzeit allgegenwärtigen Modeworte *konsekutives Studieren*, *lebenslanges Lernen*, *virtuelle Universität* und *E-Learning* genannt. Die Hochschulen reagieren auf diese Schlagworte sehr zögerlich, nicht nur, weil sie schwerfällige Tanker sind, deren Kurs sich nur langsam ändern lässt.[7] Man kann skeptisch sein, ob die lebenslange Weiterbildung wirklich ihren Ort in der Universität haben kann, oder ob es nicht Aufgabe der Hochschulen sein sollte, langlebiges Struktur- und Methodenwissen zu vermitteln und den Erwerb kurzlebigen Know-hows kommerziellen, flexibel operierenden Weiterbildungsagenturen zu überlassen. Die erste Euphorie über *E-Learning* ist jedenfalls ebenso verflogen wie die gute Stimmung am Neuen Markt.

6.1.2 Tagungen

Konferenzen werden zumeist von wissenschaftlichen Fachgesellschaften in regelmäßigem Turnus organisiert.[8] Üblich sind Intervalle zwischen einem halben Jahr und vier Jahren. Die Konferenzdauern liegen typischerweise zwischen einem Tag und einer Woche. Die Veranstaltungen richten sich im Allgemeinen an die Mitglieder der organisierenden Fachgesellschaft. Gegebenenfalls werden auch ausländische Fachkollegen oder Vertreter benachbarter Fachgebiete eingeladen. Außerdem steht der Besuch als Zuhörer nicht selten jedermann offen.

Wer eigene Resultate auf den Tagungen vorstellen möchte, muss dies rechtzeitig anmelden. Die Organisatoren der Konferenz verschicken in der Vorbereitungsphase meist einen so genannten *Call for Papers* mit der Aufforderung, sich bis zu einem bestimmten Termin verbindlich für einen Beitrag anzumelden. Außerdem gibt es nicht selten geladene Redner und *Chairmen*, die auch eine Aufwandsentschädigung von den Organisatoren erhalten. Die übrigen Teilnehmer müssen eine selbstkostendeckende Kongressgebühr entrichten und

[7] Diesen Vergleich benutzte kürzlich der Rektor der Göttinger Alma Mater Georgia Augusta mit Blick auf seine Universität, die vor mittlerweile über 250 Jahren als damalige Reformuniversität gegründet worden war.

[8] Mit der Bedeutung von Konferenzen und ihrer Organisation beschäftigen sich einige wenige Bücher. Der interessierte Leser sei verwiesen auf Volker Neuhoff, *Der Kongreß. Vorbereitung und Durchführung wissenschaftlicher Tagungen*, VCH Weinheim 1986 und Robert Oseman, *Conferences and their Literature*, Library Association London 1989.

die Fahrtkosten selbst tragen. Bei vielen Konferenzen ist es üblich, dass die Vorträge anschließend in einem Tagungsband veröffentlicht werden.

Das inhaltliche Hauptgewicht bilden Fachvorträge mit anschließender Diskussion, wobei die jeweiligen Sitzungen meist von einem *Chairman* geleitet werden. Nicht selten beginnen die Sitzungen mit dem Vortrag eines geladenen Redners. Daneben gibt es zumindest bei größeren Konferenzen noch Serien von Kurzvorträgen (10 min), mit denen sich vor allem der wissenschaftliche Nachwuchs präsentiert. Verbreitet ist auch das Abhalten von Postersitzungen, in denen Forschungsergebnisse graphisch aufbereitet vorgestellt werden und die Posteraussteller zu Diskussionen bereitstehen. Darüber hinaus gibt es oft einen extra Bereich für Präsentationen und Werbestände von Industrievertretern, Instrumentenbauern, Verlagen etc. Um den eigentlichen wissenschaftlichen Teil ranken sich dann noch Rahmenveranstaltungen, z. B. Mitgliederversammlungen der veranstaltenden Fachgesellschaft, Abendvorträge von geladenen Gastrednern sowie symbolische Handlungen wie Preisverleihungen und Begrüßungsreden. Bei großen internationalen Kongressen ist es üblich, einen Tag der Konferenzwoche für Ausflüge und ein Kulturprogramm frei zu halten.

Konferenzen sind ein bewährtes Instrument, um aktuelle wissenschaftliche Ergebnisse durch Fachvorträge und Postersitzungen rasch zu kommunizieren.[9] Die Teilnehmer bekommen konzentriert innerhalb weniger Tage die gesamte Palette der aktuellen Forschungsergebnisse geboten und haben die Chance, die meisten Fachkollegen an einem Ort zu treffen. Forscher, die sich bis dato nur aus dem Schrifttum kannten, lernen sich nun auch persönlich kennen.

Neben dem unmittelbaren Wert für die wissenschaftliche Kommunikation sind die mittelbaren Folgen von Konferenzen nicht zu vernachlässigen: Wie bei jedem anderen offiziellen Meeting auch geschehen die wirklich entscheidenden Dinge auf den Fluren – hier entstehen persönliche Kontakte und werden Netzwerke gepflegt. Es werden Forschungskooperationen verabredet, der neueste Tratsch ausgetauscht und Personalentscheidungen angebahnt. Symbolische Handlungen wie z. B. Preisverleihungen stärken das Gemeinschaftsgefühl und transportieren die Werte der Fachgemeinschaft.

Konferenzen zu organisieren und durchzuführen ist aufwendig und teuer. Forschungsfinanzierer beurteilen das Kosten-Nutzen-Verhältnis von Tagungen oft skeptisch und streichen daher in Förderanträgen gern Reisekosten für Kongressbesuche.[10] Trotzdem werden Tagungen auch in Zukunft ein unverzichtbarer Bestandteil der wissenschaftlichen Kommunikation sein, denn der persönliche Kontakt innerhalb von Fachgemeinschaften ist durch nichts zu ersetzen.

---

[9] Zum Wert von Konferenzen vergleiche man die Begründungen, die für die Gründung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte durch LORENZ OKEN (1799 - 1851) und ihre seit 1822 jährlich an wechselnden Orten stattfindenden Naturforscherversammlungen angeführt wurden. Siehe hierzu z. B. das Kapitel „Die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte“ bei Frank Pfetsch, *Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland 1750 - 1914*, Duncker & Humblot Berlin 1974, S. 252 - 313 und insbesondere S. 268.

[10] Bei John Ziman, *Prometheus Bound*, Cambridge University Press 1994, heißt es auf S. 141: „[...] some expenditures – for example, for academic staff travel – are generally regarded by research administrators at all levels as ‚wasteful‘ or even ‚corrupt‘.“

6.1.3 Publikationen

Publikationen erfüllen eine Doppelfunktion: Zum einen dienen sie der unmittelbaren Kommunikation mit den Fachkollegen, zum anderen erlauben sie gleichzeitig eine langfristige Archivierung des Diskurses. Besonders deutlich wird diese Doppelnatur an den Zeitschriften, die quasi Sammlungen von offenen Briefen an die Fachkollegen und die Nachwelt darstellen. Sie seien deshalb hier pars pro toto herausgegriffen.[11]

Die Publikation in einem referierten Journal, ob gedruckt oder elektronisch, funktioniert derzeit nach folgendem Prinzip:[12] Der Autor sendet ein Manuskript an den Herausgeber des Journals. Der Herausgeber (bzw. einer seiner 2 - 3 Angestellten) prüft das Manuskript, ob es aufgrund prinzipieller Erwägungen überhaupt publikationsfähig ist, und sendet es ggf. an ein oder mehrere Gutachter *(Referees)*. Die Gutachter beurteilen das Manuskript in einem *Referee Report*, der neben einer Einschätzung meist auch Korrekturwünsche enthält. Der Herausgeber entscheidet nach Vorlage der *Referee Reports*, ob das Manuskript gedruckt wird. Die Akzeptanzraten[13] liegen in den Naturwissenschaften um 70%, in den Sozial- und Geisteswissenschaften im Regelfall unter 20%. Der Autor bekommt dann das Manuskript mit den Kommentaren der Gutachter zurückgeschickt.

Akzeptierte Manuskripte werden vom Verfasser bezüglich Inhalt und Form an die Wünsche des Herausgebers bzw. der Gutachter angepasst und erneut zur Begutachtung eingeschickt. Meist wird der Artikel dann ohne weitere Änderungswünsche akzeptiert, gesetzt und dem Autor zum Korrekturlesen gesendet. Nach Einarbeitung der Korrekturen wird der Artikel dann in einer der folgenden Ausgaben des Journals gedruckt.

Die Gesamtzeit des Prozesses beträgt typischerweise mehrere Monate. Da Wissenschaftler zur Sicherung von Prioritätsansprüchen gezwungen sind, rechtzeitig zu publizieren, haben sich in letzter Zeit sogenannte Preprint-Server etabliert, auf denen Artikel vor ihrem Erscheinen in elektronischer Form eingestellt und abgerufen werden können. Solche Preprint-Server werden nicht von kommerziellen Verlagen, sondern von der wissenschaftlichen Gemeinschaft betrieben. Mittlerweile sind aber auch etliche Verlage dazu übergegangen, akzeptierte Manuskripte vor der Drucklegung online verfügbar zu machen.

Die Kosten für ein quartalsweise erscheinendes Spezialjournal mit jeweils 10 Artikeln setzen sich in etwa wie folgt zusammen:

- jährlich ca. 100.000 € fixe Entstehungskosten, hauptsächlich für den Begutachtungsprozess und die Layout-Vereinheitlichung
- jährlich ca. 10 € variable Kosten für Druck und Versand pro Abonnent

Bei einem durchschnittlichen Jahresabonnementpreis[14] von 210 € ergibt sich daraus ein rechnerischer Break-Even von 500 Abonnenten. Florierende Journale erreichen Auflagen von mehreren Tausend. Die Fachzeitschriften werden zum überwiegenden Teil von wissenschaftlichen Bibliotheken im Abonnement bezogen. Die Restauflage ist im freien Verkauf erhältlich.

[11] Ausführungen zu anderen Publikationsformen finden sich im Abschnitt 7.1.

[12] Die Darstellung basiert weitgehend auf Hal R. Varian, *The Future of Electronic Journals*, Journal of Electronic Publishing **4** (1998) No 1.

[13] Angaben nach Harriet Zuckerman und Robert K. Merton, *Patterns of Evaluation in Science: Institutionalisation, Structures and Functions of Peer Review*, Minerva **9** (1971) No 1, S. 66 - 100; Wiederabdruck als *Institutionalized Patterns of Evaluation in Science* in: Robert K. Merton, *The Sociology of Science*, University of Chicago Press 1973, S. 460 - 496.

[14] Angaben laut Deutscher Bibliotheksstatistik, vgl. http://www.bibliotheksstatistik.de.

Das wissenschaftliche Publikationsgeschäft, insbesondere das Zeitschriftenwesen, steckt schon lange in der Krise. Die Bibliotheken werden als einzige Institution von der explosionsartig gewachsenen Literaturproduktion mit voller Wucht getroffen. Die Anschaffungsetats der Bibliotheken können mit der Entwicklung nicht Schritt halten. Folglich befinden sich Bibliotheken und Verlage in einem Teufelskreislauf aus steigenden Abonnementpreisen und zurückgehenden Abonnements. Trotzdem quellen die Bibliotheksbestände über. Auf der anderen Seite muss man nüchtern konstatieren, dass ein großer Teil der in Bibliotheken aufbewahrten Bücher und Zeitschriften selten oder nie gelesen wird, geschweige denn zitiert. Nur wenn man Artikel in den angesehensten Journalen zu platzieren vermag, kann man sich der Wahrnehmung in der Fachgemeinschaft sicher sein. Mehrfachpublikation des selben Materials ist daher eine verbreitete Taktik, um so seine Sichtbarkeit zu erhöhen. Der Druck zu publizieren, im Abschnitt 3.3 schon als *Publish or Perish* angesprochen, führt zu einer schleichenden Qualitätsverschlechterung des Publizierten. Länger zurückliegende Ergebnisse werden zunehmend seltener zur Kenntnis genommen, manche Fächer drohen einer kollektiven Amnesie anheim zu fallen. Der früher automatisch gegebene Überblick über den vorhandenen Wissensstock geht verloren.[15] Hinzu kommt, dass fehlende Selektionsmechanismen das Vertrauen in ältere Publikationen erodieren – niemand weiss mehr, was noch valide ist. Also ignoriert man es gleich ganz. Um diesen und anderen Tendenzen der Qualitätsverschlechterung entgegen zu wirken, bedürfte es neben dem althergebrachten *Peer Review* weiterer qualitätssichernde Maßnahmen, etwa intelligenter Selektionsmechanismen für ältere Veröffentlichungen oder einer Publikationspflicht für Originaldaten, um Fälschung und Manipulation von Daten leichter aufdecken zu können.

Das wissenschaftliche Publikationsgeschäft befindet sich nach Meinung vieler Beobachter und Betroffener in einem Epochenumbruch, der den Vergleich mit den radikalen Umwälzungen nicht zu scheuen braucht, die mit der Einführung des Buchdrucks zu Beginn der Neuzeit einher gingen. Die neuen technischen Möglichkeiten des elektronischen Publizierens lassen manches schon lange sehnlich Gewünschte machbar erscheinen, beispielsweise die automatische Benachrichtigung, wenn neue Artikel im eigenen Interessengebiet veröffentlicht werden. Einstweilen ahmen elektronische Zeitschriften jedoch noch weitgehend ihre gedruckten Vorbilder nach.[16] Die faszinierenden Entwicklungspotentiale des elektronischen Publizierens werden im Abschnitt 7.4.5 ausführlicher behandelt.

6.1.4 Informelle Kontakte

Wissenschaftssoziologische Studien haben enthüllt, dass auch unterhalb der Ebene von Disziplinen und Fächern eine Segregation in Wissenschaftlergruppen stattfindet.[17] Zum

[15] Siehe hierzu den Abschnitt 7.4.4.

[16] Diese Art von Mimikri der Vorgängertechnologie ist ein Phänomen, das dem historisch orientierten Innovationsforscher wohl vertraut ist: Beispielsweise ahmte der Vorläufer des Fahrrads, das Laufrad des Freiherrn von Drais, das Gehen nach; in ähnlicher Weise waren die ersten Automobile nichts anderes als Kutschen mit Motor. Meist haben sich aber diese auf Fortschreibung des Bestehenden orientierten Ansätze als Sackgassen erwiesen; die weitere Entwicklung ging meist in eine völlig andere Richtung, als von den ursprünglichen Erfindern erwartet, weil neuartige Eigenschaften plötzlich ganz neue Wege eröffneten.

[17] Vgl. hierzu insbesondere Diana Crane, *Invisible Colleges. Diffusion of Knowledge in Scientific Communites*, University of Chicago Press 1975, S. 34f.

einen gibt es Gruppen von Kollaborateuren, die sehr eng zusammenarbeiten. Meist handelt es sich dabei um Lehrer-Schüler-Beziehungen, d. h., Nachwuchswissenschaftler scharen sich um einen älteren, führenden Kopf. Wie nach LATOURS Theorie des *Credibility Cycles*[18] zu erwarten, haben in Publikationsstatistiken als besonders produktiv auffallende Wissenschaftler meist eine größere solche Gruppe um sich geschart als andere. Zum anderen sind diese Gruppen wiederum zu Netzwerken verflochten. Der Kontakt wird meist über die führenden Wissenschaftler der Gruppen vermittelt, die über eine höhere Sichtbarkeit verfügen als etwa jüngere oder weniger produktive Mitglieder. PRICE hat für diese Netzwerke, die wesentlich für die Ausbreitung von Ideen innerhalb eines Feldes verantwortlich sind, den Terminus *Invisible Colleges* geprägt.[19] Empirisch nachgewiesen wurde diese zweistufige Segregation u. a. von S. CRAWFORD:

> Information generated by scientists is communicated through central persons in one research center to central persons in another centre, thus cutting across major groups in the large networks of scientists. Through the central scientists, then, information may be transferred to all other scientists in the network.
>
> Crawford (1970), *Informal Communication Among Scientists in Sleep and Dream Research*, S. 13

Der Kontakt kann die Gestalt informeller Gespräche, von Forschungsaufenthalten in Forschungsfreisemestern, des Korrekturlesens von Manuskripten vor Einreichen bei einem Journal oder formaler Kooperationen in Forschungsprojekten annehmen. Nachweisen lassen sich solche Kontakte etwa durch Zitationsanalysen oder in Befragungen zu einflussreichen Fachkollegen. Die informellen Kontakte erlauben rasche Kommunikation und den Austausch neuer Ideen. Neben der Kommunikation von aktuellen Resultaten dienen die informellen Kontakte auch dem Abstecken von Forschungsthemen und -interessen der einzelnen Forscher[20] und der Vergewisserung des forschungsleitenden Selbstverständnisses in der Fachgemeinschaft. Während der Nachwuchs durch die Lehre sozialisiert und auf die forschungsleitenden Normen der *Scientific Community* eingeschworen wird, gewährleisten informelle Kontakte den Zusammenhalt der bereits Etablierten. Sie schaffen bzw. erhalten die Identität einer Fachgemeinschaft.[21] Außerdem werden Personalentscheidungen angebahnt. Neben dem Transfer von Resultaten haben die informellen Kontakte also auch noch eine forschungssteuernde Funktion.

Zum Teil finden die informellen Kontakte am Rande offizieller Treffen statt, z. B. Verbandstagungen, Sitzungen von Arbeitskreisen, Workshops oder ähnlichem. Sind auch Fachfremde oder sogar Wissenschaftsexterne (z. B. Wirtschaftsvertreter) in die betref-

[18] Vgl. Abschnitt 2.5 oder Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*, Sage London 1979, S. 201ff.

[19] Ursprünglich stammt diese Bezeichnung von ROBERT BOYLE (1627 - 1691) und meinte diejenigen Naturwissenschaftler, die durch Gründung der *Royal Society* aus dem Schatten ins Licht der Öffentlichkeit traten. DEREK J. DE SOLLA PRICE (1922 - 1983) hat den Terminus wieder aufgegriffen und damit informelle, institutionenübergreifend zusammenarbeitende Gruppen von Wissenschaftlern bezeichnet. Diese Gruppen müssen dabei nicht notwendigerweise mit den üblichen fachlichen Abgrenzungen, wie sie in Studiengängen oder Fachgesellschaften etc. institutionalisiert sind, übereinstimmen. Da solche informellen Gruppen durch interpersonelle Beziehungen aufrecht erhalten werden, ist ihre Größe beschränkt – typischerweise umfassen sie nicht mehr als 100 Personen. Vgl. Glossar bei Ulrike Felt, Helga Nowotny und Klaus Taschwer, *Wissenschaftsforschung*, Campus Frankfurt/Main 1995, S. 289.

[20] Zum Abstecken von *Claims* zwischen den Forschern eines Felds auf der Basis informeller Gespräche siehe Fuchs, *Forschungsorganisation in Hochschulinstituten. Der Fall Maschinenbau*, Campus Frankfurt/Main 1994, S. 55f.

[21] Bei Crane (1975) heißt es auf S. 54: „There is some tentative evidence that the absence of an effective invisible college linking groups of collaborateurs can inhibit the development of a field.“

fenden Zirkel eingebunden, dann kommt den informellen Kontakten auch noch eine inter- bzw. transdisziplinäre Komponente zu.

Nachwuchsforscher erbringen zwar einen großen Teil der faktischen Forschungsarbeit, sind aber weitgehend aus den *Invisible Colleges* ausgeschlossen. Da Nachwuchsforscher auch bei Publikationen und Vorträgen auf Tagungen nur eine eingeschränkte Sichtbarkeit haben, sind sie stark auf das Wohlwollen der *Gatekeeper* wissenschaftlicher Kommunikationskanäle – d. h. im Regelfall die Betreuer ihrer Qualifikationsarbeiten, von denen sie ohnehin abhängig sind – angewiesen, um ihre Ergebnisse in der Fachgemeinschaft bekannt zu machen. Dieser Umstand begünstigt die wissenschaftliche Qualitätssicherung, kann jedoch auch dazu führen, dass unangepasster, aber kreativer Nachwuchs keinen Zugang zu Kommunikationspartnern in der Fachgemeinschaft findet.

Die jüngsten Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologie – insbesondere E-Mail, Newsgroups und Internetforen – haben die informelle Kommunikation ungemein erleichtert. Vordenker wie STEVAN HARNAD[22] erhoffen sich durch die neuen technischen Möglichkeiten eine „Demokratisierung“ der Pre-Publikationsphase – statt des Zirkulierens von *Preprints* im engsten Kollegenkreis könnte nun die gesamte Fachgemeinschaft an der Diskussion und Verbesserung von Manuskripten teilnehmen. Bislang ist jedoch festzustellen, dass entsprechende Werkzeuge für *Open Science* wie z. B. internetgestützte Diskussionsforen die traditionellen Formen der wissenschaftlichen Zusammenarbeit nicht ersetzt haben.[23]

6.2 Interdisziplinäre Wissensverteilung

Wie zuvor festgestellt wurde, ist der wissenschaftliche Kommunikationsprozess in hohem Maße segregiert, was sich z. B. durch Zitationsanalysen zeigen lässt. Daher ist die Rede von abgrenzbaren wissenschaftlichen Gemeinschaften sinnvoll. Über die oben besprochenen Transferkanäle, die hauptsächlich dem Austausch innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinschaft dienen, findet aber in geringem Umfang auch Wissensverteilung zwischen unterschiedlichen Fachgemeinschaften statt.
Diese Transferprozesse, die zwischen ansonsten weitgehend segregierten wissenschaftlichen Gemeinschaften stattfinden, sollen hier als *interdisziplinäre Wissensverteilung* thematisiert werden. Sie sind per definitionem eine Randerscheinung, die höchst voraussetzungsvoll ist. Wissenstransfer findet nur dann statt, wenn der Rezipient ein hohes Eigeninteresse an der *Nutzung* des zu erwerbenden Wissens hat.[24] Da die einzige innerwissenschaftliche Wissensnutzung bei Forschungsvorhaben stattfindet, ist der effektivste Weg interdisziplinären Wissenstransfers ebensolche Forschung.

[22] Hanard hat die Vision des *Scholarly Skywriting* erfunden, erläutert z. B. in Stevan Harnad, *Scholarly Skywriting and the Prepublication Continuum of Scientific Inquiry*, Current Contents **45** (1991), S. 9 - 13.

[23] Gleichwohl existieren derartige Pilotprojekte, etwa http://www.open-research.org.

[24] Es ist ein allgemeiner psychologischer Grundsatz, dass fremdes Wissen nur dann übernommen wird, wenn der erwartete Nutzen die Aufwendungen überwiegt, die man für Erwerb und Implementierung des Wissens tätigen muss. Außerdem muss die Kompatibilität des Transfergegenstands mit den Aufnahmebedingungen des Rezipienten gegeben sein oder hergestellt werden. In der betrieblichen Wissensmanagement-Debatte gibt es eine ausführliche Diskussion darüber, wie man Barrieren gegen die Nutzung fremden Wissens – etwa das *Not-Invented-Here* - Syndrom – überwinden kann. Wie weiter unten ausgeführt, bestehen ähnliche Hindernisse auch in der Wissenschaft.

Im folgenden Abschnitt 6.2.1 werden drei gängige Argumentationsstrategien präsentiert, warum interdisziplinärer Transfer via interdisziplinärer Forschung trotz seiner unvermeidlichen Seltenheit wünschenswert ist. Der Abschnitt 6.2.2 erörtert die Schwierigkeiten, die sich interdisziplinärer Forschung entgegenstellen, sowie deren Ursachen und mögliche Gegenmaßnahmen. Der letzte Abschnitt 6.2.3 lotet die Grenzen interdisziplinärer Zusammenarbeit aus.

6.2.1 Sinn interdisziplinärer Forschung

Aus den vielfältigen Argumenten, die vorgebracht werden, um die Wichtigkeit interdisziplinärer Forschung zu begründen, lassen sich drei Hauptstoßrichtungen herausfiltern:[25]

1. Kohärenz der Wissensgebiete gewährleisten
2. Effizienz und Produktivität der Forschung sichern
3. Forschung problemadäquat betreiben

1. Kohärenz der Wissensgebiete sichern Eine erste Argumentationsweise beginnt mit Feststellungen wie etwa der, dass etliche Wissenschaften über denselben Gegenstand reden, allerdings aus unterschiedlicher Perspektive,[26] oder dass Erkenntnisse anderer Disziplinen zum Datenkranz des eigenen Fachgebiets gehören.[27] Da von wissenschaftlichem Wissen *Kohärenz* gefordert wird,[28] ist es eine wichtige Aufgabe der Qualitätssicherung, die Kohärenz des disziplinär segregierten Wissens sicherzustellen. Interdisziplinäre Forschung wird daher als Medium der Selbstreflexion begriffen, das die Spezialfächer ihre spezifischen Leistungen, ihre Grenzen und ihre Einordnung in den Wissenskosmos erkennen lässt. Aus dieser Perspektive eignen sich insbesondere Themen, zu denen bereits eine Menge disziplinärer Ergebnisse vorliegen, für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Entlang dieser Linie argumentiert z. B. Franz-Xaver Kaufmann in Kocka (1987) unter Bezugnahme auf Helmut Schelsky:

> [Schelsky] ging von der Vorstellung aus, daß latente Gemeinsamkeiten wissenschaftlicher Erkenntnisse durch Disziplingrenzen und sonstige Kommunikationshindernisse nicht erkannt würden, daß die Spezialisierung der Wissenschaftler sie blind mache für mögliche Weiterungen gewonnener Erkenntnisse und daß der Erkenntnisfortschritt nicht nur der analytischen, sondern auch der synthetischen Leistungen bedürfe. Interdisziplinarität [...] setzt einschlägiges disziplinäres Wissen voraus, das jedoch typischerweise nicht problemlos mit demjenigen anderer Disziplinen vermittelt werden kann.
>
> Franz-Xaver Kaufmann (1987), *Interdisziplinäre Wissenschaftspraxis*, S. 69f.

[25] Obgleich es bis heute keine allgemein akzeptierte Theorie der Interdisziplinarität gibt, so sind doch eine Reihe von Büchern erschienen, die sich mit Sinn, Schwierigkeiten und Schranken von Interdisziplinarität auseinandersetzen. Eine breite Palette verschiedener Sichtweisen findet man in dem Sammelband von Jürgen Kocka [Hrsg.], *Interdisziplinarität*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1987, der aus einem Symposium des von Schelsky begründeten Bielefelder Zentrums für interdisziplinäre Forschung hervorgegangen ist, bei dem die eigene interdisziplinäre Praxis reflektiert wurde. Schlussfolgerungen aus eigener praktischer Erfahrung bietet auch Dieter Blaschke, *Probleme interdisziplinärer Forschung*, Steiner Wiesbaden 1976.

[26] Die von Ökonomen für Ökonomen entworfene Wissenschaftstheorie der Wirtschaftswissenschaften unterscheidet daher zwischen Erfahrungs- und Erkenntnisobjekt. Kaufmann (1987) nennt als Urheber dieser Unterscheidung Alfred Amonn, *Objekt und Grundbegriffe der Nationalökonomie*, 2. Auflage, Deuticke Leipzig 1927, S. 21ff.

[27] So verwendet etwa die Ökonomie in Modellen des Homo oeconomicus etliche Hypothesen über die Natur des Menschen – z. B. die Hypothese der Eigennutzenmaximierung –, die genuin Gegenstand der Psychologie sind.

[28] Vgl. die Erörtungen im Abschnitt 2.1.1.

2. Produktivität der Forschung sichern Ein zweiter Argumentationsstrang beginnt mit der Einsicht, dass fruchtbare wissenschaftliche Innovationen oft in Randgebieten zwischen etablierten Fächern oder durch Import von Konzepten aus anderen Disziplinen entstanden sind.[29] So konstatiert der Bildungspolitiker und Universitätskenner PETER GLOTZ: „Die interessantesten Entwicklungen finden an den Schnittstellen, genauer gesagt: in den Schnittmengen mehrerer Disziplinen statt.“[30] Neuen, vielversprechenden Forschungsgebieten fehlt also oft die disziplinäre Zuständigkeit. Um Produktivität, Innovationskraft und Effektivität der Forschung nicht erlahmen zu lassen, sollte sich die interdisziplinäre Forschung also gerade derjenigen Themen annehmen, „deren Disziplin wir noch nicht gefunden haben.“[31]

3. Problemadäquate Forschung betreiben Ein dritter Argumentationsstrang verweist auf einen Umstand, der auch zum Anlass der vorliegenden Arbeit wurde: Die großen Herausforderungen, vor denen moderne Gesellschaften heute stehen, sind ohne Wissenschaft nicht lösbar, allerdings tun uns die Schwierigkeiten nicht den Gefallen, disziplinär definiert zu sein. Daher ist interdisziplinäre Forschung unumgänglich, will man Wissenschaft für die Lösung der anstehenden Probleme fruchtbar machen. Da jedes Fach sich auf bestimmte Aspekte der Wirklichkeit konzentriert und andere ausblendet, bestünde sonst die Gefahr, falsche oder unausführbare Lösungsvorschläge angeboten zu bekommen. Entlang dieser Linie argumentiert unter anderem JÜRGEN MITTELSTRASS häufig:

> Spezialisierung um jeden Preis löst nicht nur die Wissenschaft in wissenschaftliche Partikularitäten auf, sie ist auch wirklichkeitsfremd. Gemeint ist: Probleme, die technische Kulturen, d. h. die modernen Industriegesellschaften, heute im überreichen Maße haben, tun uns nicht den Gefallen, sich als Probleme für disziplinäre Spezialisten zu definieren. Als Stichworte seien genannt: Umwelt, Energie, Technikfolgen. Es gibt eine Asymmetrie von Problementwicklung und disziplinärer Entwicklung, und diese wächst in dem Maße, in dem die disziplinäre Entwicklung durch zunehmende Spezialisierung bestimmt ist. [...]
> Interdisziplinarität dient vielmehr, rechtverstanden, auch der Rückgewinnung wissenschaftlicher Wahrnehmungsfähigkeiten, die nicht zuletzt auch Probleme und Problementwicklungen erkennbar machen, bevor sie da sind, d. h., bevor sie uns auf den Nägeln zu brennen beginnen.
>
> Jürgen Mittelstraß (1987), *Die Stunde der Interdisziplinarität?*, S. 154f.

6.2.2 Schwierigkeiten, Ursachen und Gegenmaßnahmen

> Interdisziplinäres Arbeiten im strengen Sinne ist ein voraussetzungsvoller Prozeß. Es vollzieht sich im wesentlichen in der Identifikation vergleichbarer Fragestellungen, Begrifflichkeiten und Forschungsergebnisse im Kontext unterschiedlicher disziplinärer Grundannahmen, Fachsprachen und Methoden. Interdisziplinäre Kommunikation kann sich also gerade nicht auf jene Selbstverständlichkeiten verlassen, die die disziplinäre Kommunikation so sehr erleichtern: Die Gemeinsamkeiten der perspektivischen Grundannahmen und Auswahlgesichtspunkte, durch die das fachwissenschaftliche Erkenntnisinteresse geformt wird, die grundbegrifflichen Prämissen und die Eigenarten der fachwissenschaftlichen Methodik.
>
> Franz-Xaver Kaufmann (1987), *Interdisziplinäre Wissenschaftspraxis*, S. 69f.

Interdisziplinäre Forschung ist nicht der Normalzustand, sie ist negativ sanktioniert. Als wesentliche Schwierigkeiten, die im Folgenden analysiert werden sollen, werden immer wieder genannt:

[29] So ist etwa LUHMANNS Soziologie durch Einbau von biologischen Konzepten, z. B. dem ursprünglich von MATURANA und VALERA entwickelten Begriff der „Autopoiesis“, befruchtet worden.

[30] Peter Glotz, *Im Kern verrottet? 5 vor 12 an Deutschlands Universitäten*, DVA Stuttgart 1996, S. 35.

[31] So formulierte Lorenz Krüger, *Einheit der Welt – Vielheit der Wissenschaft*, in Kocka (1987), S. 119.

- Fachdünkel,
- Sprachbarrieren,
- fehlende Karrieremuster und Anreizstrukturen.

Fachdünkel Was in der betrieblichen Wissensmanagement-Debatte unter dem Stichwort *Not-Invented-Here*-Syndrom als Barriere gegen die Nutzung fremden Wissen thematisiert wird, findet sich auch in der Wissenschaft. Fachdünkel und Hahnenkämpfe zwischen rivalisierenden sozialen Gruppen sind in der Wissenschaft ebenso verbreitet wie in anderen Teilen der Gesellschaft. Am besten begegnet man ihnen durch „vertrauensbildende Maßnahmen“ und gemeinsame Praxis. Dafür müssen aber entsprechende organisatorische Rahmen zur Verfügung stehen, wie etwa das Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZiF) in Bielefeld. Ernstere Hindernisse als die herablassende Art, mit der etwa Chemiker Medizinern zu begegnen pflegen, sind die beiden nachfolgend thematisierten Schwierigkeiten für erfolgreiche interdisziplinäre Forschung.

Sprachbarrieren Die Kommunikation innerhalb einer etablierten wissenschaftlichen Gemeinschaft zeichnet sich durch hohe Kohärenz des Vorverständnisses aus. Im Modellkapitel wurde in diesem Zusammenhang an KUHNS *Paradigmen* und FLECKS *Denkkollektive* erinnert. Innerhalb wissenschaftlicher Gemeinschaften herrscht in Phasen normaler Forschung eine weitgehende, selten explizit thematisierte Übereinstimmung hinsichtlich der gemeinsam geteilte Normen, Methoden, Schulbeispiele, Ontologien und Theorien. Wie das Eingangszitat von KAUFMANN belegt, fehlt genau dieses stumme Einverständnis bei interdisziplinären Forschungsvorhaben. Wie lässt sich diese Hürde überwinden?

1. auf dem Umweg über die Alltagssprache,
2. durch multidisziplinäre Ausbildung,
3. durch gemeinsame Propädeutik oder
4. durch Herstellung der Einheit der Wissenschaft.

Wenn Vertreter verschiedener Fachgebiete zusammenkommen und auf Sprachprobleme stoßen, wird oft der umständliche, aber voraussetzungslose und immer gangbare Umweg über die Alltagssprache gewählt. Günstig erweist sich dabei, wenn die Beteiligten bereits eine multidisziplinäre Ausbildung oder Praxis vorweisen können.

> Wahrscheinlich ist eine gewisse multidisziplinäre Orientierung des oder der Projektleiter von entscheidender Bedeutung sowohl für die Findung geeigneter Probleme als auch für die Auswahl geeigneter Personen. Es zeigte sich übrigens, daß auch unter den einflußreichen Mitgliedern der Forschungsgruppe überwiegend solche waren, die ihrerseits über eine mulitdisziplinäre Ausbildung oder Wissenschaftspraxis verfügten.
>
> Franz-Xaver Kaufmann (1987), *Interdisziplinäre Wissenschaftspraxis*, S. 72

Wenn man also tatsächlich die Möglichkeit zu interdisziplinärer Forschung nachhaltig fördern möchte, dann sollte man mehr Generalisten ausbilden, die sich schon nach dem Studium in mehreren Fächern bewegen können. Eine wahrhaft multidisziplinäre Ausbildung könnte z. B. dadurch realisiert werden, dass vollwertige Abschlüsse im Studium Generale an einigen wenigen Volluniversitäten angeboten werden.

Von der so genannten Konstruktivistischen Wissenschaftstheorie[32] ist vorgeschlagen worden, dem Problem einer gemeinsamen Grundsteinlegung auf methodisch geregelte Weise zirkelfrei beizukommen, indem durch Propädeutiken genannte Vorübungen eine gemeinsame Sprache geschaffen wird.[33] Gegen die Grundsteinlegung durch Propädeutik ist ins Feld geführt worden, dass Forschung nicht nur in den Geisteswissenschaften, sondern auch in den Naturwissenschaften eher einem hermeneutischen Zirkel als einem geradlinigen Voranschreiten gleicht und ergo das Schaffen einer gemeinsamen Sprache nur in einer iterativen, zirkulären Praxis zu leisten ist.[34]

Kommunikationspartner müssen ein gewisses Minimum an intersubjektiver Übereinstimmung darüber haben, welche Grundstrukturen die Welt aufweist und welche nicht, sonst kann weder wissenschaftliche noch sonstige Kommunikation gelingen. Darauf hat DONALD DAVIDSON, ein zeitgenössischer Philosoph der analytischen Schule, mit Deutlichkeit hingewiesen.[35] Wenn also in einem interdisziplinären Forschungsvorhaben die Wissensbestände aus verschiedenen Fachdisziplinen aufeinander bezogen werden sollen, dann ist dies nicht anders möglich als auf der Basis gemeinsamer ontologischer Überzeugungen. Sonst redet man notwendig aneinander vorbei. Ontologie klingt jedoch in den Ohren vieler Wissenschaftler nach Teufelswerk – doch was verbirgt sich genau dahinter?

Ontologie ist ein Teilgebiet der Metaphysik. Der Name „Metaphysik“ geht auf ADRONIKOS VON RHODOS zurück, der 250 Jahre nach dem Tod des ARISTOTELES (384 - 324 v. u. Z.) dessen Lehrschriften ordnete. Ihm fehlte offenbar ein Terminus für jene Schriften, die weder von Ethik, noch von Physik (im damaligen Verständnis), noch von Logik handelten. Aus welchem Grund[36] auch immer, ADRONIKUS ordnete die Schriften hinter denen über Physik ein und bezeichnete sie als ta' meta ta' fisika. Hätte er sie hinter die logischen oder ethischen Schriften eingeordnet, sprächen wir heute wohl von Metalogik oder Metaethik anstelle von Metaphysik.[37] Aus dem Namen lässt sich also nicht viel über den Inhalt des Begriffes schließen – außer, dass es sich weder um Logik noch Ethik noch empirisches Wissen handelt. Worum geht es in der Metaphysik dann? Nach CARL FRIEDRICH GEYER[38] sind ARISTOTELES Ausführungen „auf ein Wissen von jenen Objekten gerichtet, die jenseits des Gegenstandsbereichs der Physik liegen und nur Objekt des Wissens werden können, wenn man die Ebene der Physik verläßt. Die Wissenschaft, die das leisten kann, wird von Aristoteles die 'erste' genannt, die deswegen auch Weisheit (gr. sophia) [...] heiße. Sie ist außerdem Wissenschaft von der *gesamten Wirklichkeit* – im Gegensatz zur Physik, die sich begrenzten Einzelphänomenen zuwendet.“ CHRISTIAN WOLFF (1679 - 1754) hat unter Rückgriff auf ARISTOTELES zwischen einer *metaphysica generalis* – der

[32] Zu der auch als Erlanger Schule bezeichneten, zeitgenössischen Gruppe sind u. a. die Wissenschaftsphilosophen PETER JANICH, FRIEDRICH KAMBARTEL und PAUL LORENZEN zu zählen.

[33] Vgl. hierzu die knappe Darstellung dieses Konzepts bei Bernd Gräfrath, Renate Huber und Brigitte Uhlemann, *Einheit – Disziplinarität – Komplementarität*, de Gruyter Berlin 1991, S. 67ff. Ausführlicheres findet man etwa bei Paul Lorenzen, *Konstruktive Wissenschaftstheorie*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1974.

[34] Dieses Gegenargument wurde vorgebracht u. a. von R. Riedl, *Die Spaltung des Weltbilds*, Parey Berlin 1985, S. 12f., und H. Andreas, *Untersuchungen zur Chronometrie*, unveröffentlichte Magisterarbeit Uni Leipzig 2001, S. 77.

[35] Vgl. Donald Davidson, *Wahrheit und Interpretation*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1986, S. 284f.

[36] Vgl. die Diskussion bei H. Reiner, *Die Entstehung und ursprüngliche Bedeutung des Namens Metaphysik*, Zeitschrift für philosophische Forschung **8** (1954), S. 210 - 237.

[37] So zumindest erzählt Hermann Krings die Geschichte in Willi Oelmüller [Hrsg.], *Metaphysik heute?*, Schöningh Paderborn 1987, S. 134.

[38] In Willi Oelmüller, Ruth Dölle-Oelmüller und Carl Friedrich Geyer, *Diskurs: Metaphysik*, Schöningh Paderborn 1983, S. 11. Hervorhebung durch MK.

Ontologie, die die Möglichkeit von Gegenständen zu begründen und deren Ordnung zu klären hat – und drei *metaphysica specialis* für die Untersuchung von Seele (rationale Psychologie), Gott (rationale Theologie) und der Welt (rationale Kosmologie) unterschieden. WILLARD VAN ORMAN QUINE (1908 - 2000) hat eine witzige Charakterisierung dessen gegeben, wonach Ontologen als Erstes fragen:

A curious thing about the ontological problem is its simplicity. It can be put in three Anglo-Saxon monosyllables: ‚What is there?' It can be answered, moreover, in a word - ‚Everything.' - and everyone will accept this answer as true. However, this is merely to say that there is what there is. There remains room for disagreement over cases; and so the issue has stayed alive down the centuries.

Willard van Orman Quine (1953), *On What There Is*, S. 1

Die Entwicklung einer gemeinsamen ontologischen Basis für einen möglichst großen Teil allen wissenschaftlichen Wissens kann disziplinär arbeitenden Fachwissenschaften nicht gelingen. Diese Aufgabe hätte ihren genuinen Ort in der Philosophie. Die einflussreiche philosophische Strömung des Logischen Positivismus hatte sich jedoch zu Anfang des 20. Jahrhunderts das Ziel gesetzt, Metaphysik als sinnlos zu erweisen und die Wissenschaften von metaphysischem Ballast zu befreien. Das Programm scheiterte jedoch. Insbesondere wird heute als Lehre aus dem Scheitern des Logischen Positivismus zunehmend anerkannt, dass, „um überhaupt Wissenschaft treiben zu können, Vorgaben in Gestalt eines Paradigmas, eines Forschungsprogramms oder einer Forschungstradition nötig sind, die sich in normativen, judikalen und ontologischen Voraussetzungen niederschlagen."[39]

Die ontologischen Vorstellungen der einzelnen Fächer sind jedoch sehr disparat, man denke nur an Geschichte und Chemie. Erstere hat die Beleuchtung der Geschehnisse von vielleicht 2 Millionen Jahren menschlicher Existenz und gut 10.000 Jahren Kulturgeschichte zu ihrem Gegenstand erkoren, letztere führt ihre Betrachtungen auf den Bau der Atomhülle und den sich aus ihren Eigenschaften ergebenden Möglichkeiten für Reaktionen zwischen den verschiedenen chemischen Elementen zurück. Wie sollten diese beiden Disziplinen je über dasselbe reden?

Weder die Einheit des Wissens noch die Einheit der Wissenschaften sind heute gegeben. Diese Einheit über eine Einheit der Ontologie herzustellen und auf diesem Wege die Sprachprobleme bei der Verständigung der Disziplinen zu lösen, dies wird von der zeitgenössischen Philosophie nicht thematisiert.[40] Die Abneigung gegen die Beschäftigung mit Metaphysik sitzt noch immer tief, obgleich die akademische Philosophie sich des Themas wieder zögerlich annimmt. Ein neueres Buch mit dem noch wenige Jahre zuvor undenkbaren Titel *Grundprobleme der Analytischen Ontologie* beginnt mit den folgenden Worten:

Das alte Vorurteil, wonach die Analytische Philosophie das Erbe der neopositivistischen Metaphysik-Kritik angetreten ist, hat endgültig ausgedient. In der Tat genügt bereits ein erster Blick auf die heutige analytische Diskussion, um festzustellen, daß sich die Analytische Philosophie auf vielfältige Weise Themen der Metaphysik annimmt.

E. Runggaldier und Chr. Kanzian (1998), *Grundprobleme der Analytischen Ontologie*, S. 11

Es bleibt abzuwarten, ob es gelingen wird, eine für die in Rede stehende Aufgabe der Wissenschaftsintegration geeignete Metaphysik zu schaffen.

[39] Hans Poser, *Metaphysik und die Einheit der Wissenschaften*, in: Willi Oelmüller [Hrsg.], *Metaphysik heute*, Schöningh Paderborn 1987, S. 207.

[40] Vergleiche hierzu die Diskussion der Einheitskonzepte für Wissenschaft in Gräfrath (1991).

Karrieremuster Wie im Abschnitt 2.5 dargelegt wurde, sind die normalen Anreize in der Wissenschaft so gesetzt, dass es für den einzelnen Wissenschaftler rational ist, sich innerhalb seiner Disziplin zu spezialisieren. Da Karrierepositionen in der Wissenschaft immer in fachlich-disziplinären Mustern vergeben werden, sitzt derjenige schnell in der Falle, der sich (zu früh) auf interdisziplinäres Arbeiten einlässt:

> Wissenschaftler [sind] gegen Arbeit in interdisziplinären Gruppen resistent, weil der Preis der geringen Kommunikation oder der Aufwand, die Kommunikationsbarrieren zu überwinden, zu hoch ist. Außerdem gelten interdisziplinäre Institutionen häufig als Sackgassen der Karriere: Man kommt leicht hinein, aber schwer wieder heraus.
>
> W. van den Daele, W. Krohn und P. Weingart (1979), *Geplante Forschung*, S. 56

Bisher können nur Etablierte, die eine gesicherte Karriereposition erreicht haben, sich erlauben, den Bunker ihrer Disziplin zu verlassen und sich z. B. am Bielefelder ZiF ein Semester lang einem interdisziplinären Projekt zu widmen. Insbesondere bei Qualifizierungsarbeiten wie dem Diplom, der Promotion oder der Habilitation ist es sehr schwierig, einen interdisziplinären Ansatz zu verfolgen, da diese Arbeiten letztlich disziplinär verteidigt werden müssen. Dieser Umstand wirkt sich negativ auf die Innovationsfreundlichkeit der Wissenschaft aus, da heute Forschung zu einem großen Teil über Qualifizierungsarbeiten erbracht wird und innovative Ansätze eher von Jüngeren als von Älteren verfolgt werden.

Wer also Interdisziplinarität ernsthaft fördern will, darf nicht nur bloß danach rufen, sondern muss auch entsprechende Karrierepfade, Anreize und Belohnungen zur Verfügung stellen. So ist beispielsweise die Forschungsförderung der DFG, die auf einer fachbezogenen Prüfung von Förderanträgen beruht, nicht für interdisziplinäre Vorhaben geeignet. Insbesondere fehlen heute jedoch Positionen und Karrierepfade für Leute, die sich als Integratoren und Inkubatoren eignen – Leute, die in der Lage sind, verschiedene Wissensgebiete zu überblicken, Ideen zwischen ihnen zu transferieren und die Kreativität der Fachwissenschaftler als kritischer Gesprächspartner zu beflügeln. JOHN D. BERNAL nennt PAUL EHRENFEST dafür als ein Beispiel: „Ein solcher Wissenschaftlertyp, der mehr als durch eigene Arbeiten durch seine kritischen Anmerkungen in persönlichen Diskussionen bekannt wurde, war Paul Ehrenfest.“[41] Die Spezialität solcher Generalisten sind Universalität, Kreativität und Kommunikationsvermögen. Natürlich können diese Leute nicht überall an der Forschungsfront stehen, das wäre eine illusorische Forderung. Sie nach ihrem eigenen Forschungsertrag zu beurteilen wäre daher unfair. Für sie müsste man andere Leistungskriterien entwickeln, z. B., mit wie vielen Wissenschaftlern sie im Kontakt stehen und wie diese ihre Kreativität und Nützlichkeit als Inkubator und Integrator beurteilen.

6.2.3 Grenzen interdisziplinärer Forschung

Die Grenzen interdisziplinärer Forschung werden sichtbar, wenn man sich die Einsichten des Abschnitts 2.5 noch einmal vor Augen führt: Die Binnendifferenzierung in Disziplinen und Fächer entsteht aufgrund der etablierten Karrieremechanismen und der unvermeidlichen Segregation der wissenschaftlichen Kommunikation. Das bedeutet, ein Forschungsgebiet kann nur „disziplinär“ auf Dauer gestellt werden – durch Abschottung gegen andere Kommunikation. Der Vorteil dieser Abschottung liegt darin, durch Binnendifferenzierung

[41] John D. Bernal, *Die soziale Funktion der Wissenschaft*, Pahl-Rugenstein Köln 1986, S. 281 (Original: *The Social Function of Science*, Routledge London 1939).

innere Komplexität aufzubauen, die den Umgang mit der Komplexität der behandelten Probleme erlaubt, ohne die Verarbeitungskapazität des einzelnen Forschers zu überfordern. Wenn sich also eine interdisziplinäre Zusammenarbeit als fruchtbar erweist, führt die Dynamik des Wissenschaftssystems unweigerlich dazu, dass es früher oder später zur Institutionalisierung des Feldes als eigenständiges Fach kommt.[42]

> [Ausblendung ist] der Preis, der für die Möglichkeit vertiefter und wissenschaftlich „disziplinierter" Erkenntnis zu zahlen ist. Allerdings zählt Ausblendung von Information auch zu den großartigsten Erfindungen der Natur. Ohne sie wären weder Wahrnehmung noch Erinnern, noch Denken möglich.
>
> Heckhausen (1987), *Interdisziplinäre Forschung zw. Intra-, Multi- und Chimären-Disziplinarität*

Die im Fokus dieser Arbeit befindlichen gesellschaftlichen Herausforderungen erfordern aber die Zusammenführung, die Synthese des Wissensbestandes aus verschiedensten Gebieten. Wissenschaftliche Gebiete sind aber aus Gründen der inneren Logik entweder um Gegenstände, Theorien, Methoden oder Erkenntnisinteressen gruppiert, nicht um weltliche Sachprobleme.[43] Es wäre fruchtlos, dies ändern zu wollen und etwa für jedes Sachproblem ein eigenes Fach einzurichten, denn binnen kurzem hätten sich wissenschaftliches Fach und das Sachproblem wieder auseinander entwickelt. Die außerwissenschaftliche Verwendungsfähigkeit des generierten Wissens lässt sich nicht innerwissenschaftlich sicherstellen.[44] These dieser Arbeit ist es daher, es bedürfe einer Art *Wissensmanagements des wissenschaftlichen Wissens*, um die Wissenschaft für die Lösung der großen Herausforderungen von heute fruchtbar zu machen.

6.3 Transdisziplinärer Wissenstransfer

Erfolgreiche Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen kombinieren meist technische Innovationen und veränderte politische Regularien. Ohne öffentliche Wahrnehmung und breiten Diskurs sind solche Veränderungen in heutigen Massendemokratien kaum denkbar. Deshalb soll im Folgenden der Wissenstransfer zwischen Wissenschaft einerseits und Wirtschaft **(Abschnitt 6.3.1)**, Politik **(Abschnitt 6.3.2)** und breiter Öffentlichkeit **(Abschnitt 6.3.3)** betrachtet werden.

Im Kapitel 2 wurde bereits ausführlich thematisiert, dass Wissenschaft und Technik seit der 2. Industriellen Revolution näher zusammengerückt sind und so eine stärkere wechselseitige Kopplung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft entstanden ist. Zeitgenössische Beobachter konstatieren aber nicht nur eine zunehmend engere Kopplung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, sondern auch zwischen Wissenschaft und Politik sowie zwischen

[42] Ein Beispiel für diesen Prozess liefert die Entstehung der Informatik als eigenständiges Fach, vgl. Klaus Mainzer, *Entwicklungsfaktoren der Informatik in der BRD*, in: Wolfgang van den Daele, Wolfgang Krohn und Peter Weingart [Hrsg.], *Geplante Forschung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1979, S. 117-180.

[43] Vgl. hierzu den Beitrag von Lorenz Krüger, *Einheit der Welt – Vielheit der Wissenschaft*, in Kocka (1987).

[44] Der modische Diskurs um *Mode 2* speist sich aus der Einsicht, dass man die *Social Accountability* des generierten Wissens nicht im herrschenden „Modus 1" der Wissenschaft sicherstellen kann und plädiert daher für eine andere Form von Wissenschaft. Der hier vertretene Ansatz folgt den Protagonisten des *Mode 2* in ihrer Analyse, aber nicht in ihrer Schlussfolgerung. Statt einer neuen Art von Wissenschaft bedarf es eines Adapters zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, insbesondere der Politik.

Wissenschaft und Öffentlichkeit über die Massenmedien.[45] Diese Kopplungen werden in den folgenden drei Abschnitten betrachtet.

6.3.1 Technikgenese

In den so genannten *Science Based Industries* lässt sich eine enge und wechselseitige Kopplung zwischen akademischer Wissenschaft und technischer Entwicklung in Wirtschaftsunternehmen beobachten.[46] Dieses Phänomen ist im 19. Jahrhundert zuerst in der Chemie und Elektrotechnik aufgetreten, jüngst ist die Biotechnologie dazu gekommen. Es betrifft aber keineswegs alle Wirtschaftszweige, z. B. das Bauwesen ist noch immer eine weitgehend handwerkliche Angelegenheit. Voraussetzung für eine enge Kopplung scheint zu sein, dass das zugehörige Wissenschaftsgebiet einen entsprechenden Reifegrad erreicht hat, d. h. über ein Paradigma verfügt, das theoretische, empirische und praktische Fragestellungen auf derselben Basis bearbeitbar macht.
Die Modellüberlegungen im Kapitel 2 haben gezeigt, dass die eindimensionale Vorstellung, Wissen fließe von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung in die Technikentwicklung und werde dort einfach „angewendet“, viel zu sehr vereinfacht und so nicht haltbar ist. Zwar gibt es einen solchen Wissensfluss – etwa im Falle des *Science Push* –, aber mindestens genauso entscheidend ist die Möglichkeit, Fragen aus der Praxis in die Forschung zurückspeisen zu können und das erforderliche Wissen daraufhin überhaupt erst zu produzieren. Wenn Wissenstransfer stattfindet, dann vor allem über Köpfe. Für die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes ist es daher entscheidend, hoch qualifizierte Fachkräfte in ausreichender Zahl auszubilden und eine hinreichende und wechselseitige Mobilität zwischen Hochschulen, außeruniversitäten Forschungseinrichtungen und Unternehmen sicherzustellen. Außer in den Ingenieurfächern bestehen in Deutschland kaum Möglichkeiten zu einem solchen wechselseitigen Austausch.[47]

---

[45] Bei Peter Weingart, *Die Stunde der Wahrheit?*, Velbrück Weilerswist 2001, S. 27ff., heißt es: „Was aber kann gemeint sein, wenn gleichzeitig von *Verwissenschaftlichung der Politik, der Wirtschaft, der Medien* und umgekehrt der *Politisierung, Ökonomisierung und Medialisierung der Wissenschaft* die Rede ist? [...] *Verwissenschaftlichung* und *Vergesellschaftung(Politisierung, Ökonomisierung, Medialisierung)* sind keine einander ausschließenden, sondern komplementäre Prozesse. Es sind Entwicklungsprozesse, die ins Blickfeld geraten, wenn man die Beziehungen zwischen Wissenschaft und den übrigen Funktionssystemen der Gesellschaft betrachtet und nach signifikanten Veränderungen Ausschau hält. Im Zentrum der folgenden Analysen werden also die Kopplungen zwischen Wissenschaft einerseits, Politik, Wirtschaft und Medien andererseits stehen. Das Interesse gilt den Veränderungen dieser Kopplungen und ihren Rückwirkungen auf die Wissenschaft. Die zentrale Beobachtung besteht darin, daß die *Kopplungen enger werden* und daß es deshalb zu einer Verringerung bzw. zu einem partiellen *Verlust der sozialen Distanz der Wissenschaft* kommt. Dieser Verlust der Distanz ist jedoch weder gleichbedeutend mit einer umstandslosen Verwissenschaftlichung aller gesellschaftlichen Teilbereiche noch mit der Umkehrung der Ausdifferenzierungsprozesse der Wissenschaft. Die zentralen Fragen lauten, welche Gestalt die Wissenschaft *trotz* dieser Entwicklungen annimmt und wie gesichertes Wissen produziert und kommuniziert werden kann, *obgleich* mit den engeren Kopplungen die wesentliche soziale Voraussetzung bedroht erscheint, und welche Rolle die Wissenschaft in der Wissensgesellschaft einnimmt, obwohl die funktionale Differenz zu anderen Funktionssystemen nicht aufgehoben wird.“ (Hervorhebungen im Original)

[46] Dieser Befund hat zu der Vermutung Anlass gegeben, die Rollen der beteiligten Akteure – prototypisch an Universitäten und Industrieunternehmen festgemacht – würden sich fundamental ändern, wie es etwa das *Triple-Helix* - Modell unterstellt. Vgl. hierzu Henry Etzkowitz und Loet Leydesdorff [Hrsg.], *Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, Pinter London 1997 und die Diskussion im Kapitel „Von der akademischen Forschung zur Kapitalisierung des Wissens? Zum Verhältnis von Wissenschaft und Wirtschaft“ in Weingart (2001).

[47] Empirische Studien (z. B. Bernward Joerges und Terry Shinn [Hrsg.], *Instrumentation Between Science, State, and Industry*, Kluwer Dordrecht 2001) haben gezeigt, dass die Diffusion von Wissen –

Neben dem Transfer von *Wissen* wird häufig auch der Transfer von *Technologien* aus den (überwiegend öffentlich) finanzierten Wissenschaftseinrichtungen in die private Wirtschaft thematisiert. Dem liegt die implizite Vorstellung zu Grunde, in den Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen lägen neue Technologien quasi auf Halde, die es nur zu kommerzialisieren und breit einzusetzen gelte. In der Tat sind die Forschungslabore in den Natur- und Ingenieurwissenschaften ein Teil der technischen Praxis. Dort werden nicht nur technische Artefakte genutzt, sondern auch neue entworfen (da Vincis Quadrant) und als Prototypen gebaut (Zuses Quadrant). Die erfundenen Geräte, Instrumente und Materialien sind jedoch zu Forschungszwecken bestimmt und zumeist absolut untauglich für den Einsatz außerhalb von Forschungslaboren. Sie müssen erst für den Einsatz in anderen Gebieten weiterentwickelt werden. Damit unterliegen sie den im Abschnitt 2.7.2 angerissenen Gesetzmäßigkeiten der *Technikdiffusion*. ERICH STAUDT hat aus einer Reihe von Beispielen drei Voraussetzungen für erfolgreichen Technologietransfer herauspräpariert:

> Erstens: Es musste ein Gefälle zwischen zwei Partnern oder Kontrahenten bestehen, wobei Partner einzelne Personen, Unternehmen, Institutionen oder Länder sein konnten. Zweitens: Die Kompatibilität des Transfergegenstandes mit dem Aufnehmersystem musste gesichert sein oder hergestellt werden – das heißt ein bestimmter Reifegrad der zu transferierenden Technik, aber auch technische und personelle Kompetenz beim Aufnehmer. Und drittens: Man erwartete sich einen Vorteil vom jeweiligen Transfer und war als Nutzer bereit, auch erhebliche Anstrengungen zur Umsetzung aufzubringen.
>
> Erich Staudt (2000), *Fataler Aktivismus der Forschungs-Macher*, S. 51

Die deutsche Forschungspolitik hat in den letzten Jahrzehnten den zu geringen Technologietransfer aus Forschungseinrichtungen in Unternehmen beklagt und versucht, dem Technologietransfer durch Abbau der vermuteten Informationsdefizite auf die Sprünge zu helfen, indem an fast jeder Hochschule und Forschungseinrichtung so genannte Technologietransferstellen, Patentverwertungsagenturen etc. aufgebaut wurden. Informationsbüros allein helfen aber wenig, wenn nichts zu transferieren da ist oder wenn auf Unternehmensseite wenig Anreize bestehen, die erheblichen Aufwendungen zur Adaption an neue Techniken bereitwillig zu leisten.[48] Hier wäre die Wirtschaftspolitik gefragt, die Rahmenbedingungen für innovatives Verhalten zu verbessern, mehr Anreize für Unternehmensgründungen zu setzen und eine Kultur der Selbstständigkeit zu schaffen.
Die Wissenschaftspolitik kann hier nur eine bescheidene Rolle einnehmen und für eine bessere Kopplung zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sorgen, etwa durch Abbau von Mobilitätshemmnissen für die wissenschaftliche Manpower und die Implementierung geeigneter Forschungssteuerverfahren in Edisons und Pasteurs Quadrant. Wie bereits im

---

insbesondere Wissen um neue Methoden und Instrumente – vor allem von den wenigen Menschen beschleunigt wird, die nahezu frei über Grenzen von Institutionen, Disziplinen, Anwendungs- und Erkenntnisbezügen hinweg mobil sind. Hier war und ist insbesondere das US-Militär sehr erfolgreich, das seit dem 2. Weltkrieg bewusst hochkarätige Forscher auf Zeit zusammenführt und dann wieder in andere Kontexte entlässt. Von den Apologeten des *Mode 2* wird daher nicht ohne Grund proklamiert, dass ein wesentlicher Teil der Wissensproduktion in Zukunft durch temporär zusammengesetzte Teams geleistet würde: „Characteristically, in Mode 2 research groups are less firmly institutionalised; people come toghether in temporary work teams and networks which dissolve when a problem is solved or redefined. Members may then reassamble in different groups involving different people, often in different loci, around different problems.“(Gibbons et al., *The New Production of Knowledge*, Sage London 1994, S. 6)

[48] Bei Staudt, a.a.O, heißt es weiter: „Mängel bei der Diffusion neuer Techniken sind eben nicht Informationsdefizite, sondern Defizite bei den Anschlusstechnologien und nicht zuletzt persönliche Defizite jener, die den Technologietransfer bewerkstelligen sollen. Die Überwindung dieser Defizite kostet meist zehnmal so viel wie die Entwicklung der zu transferierenden Technik. Nach dem Gießkannenprinzip angeordnete Innovationsberatungs- und Technologietransferstellen können diese Kompetenzlücken nicht schließen.“

Kapitel 5 analysiert, sind die Instrumente der Verbund- und Auftragsforschung besonders geeignet, um Fragen aus der Technologieentwicklung in die Forschung zurückzuspeisen. Längerfristige Austauschbeziehungen zwischen Forschern und Praktikern, die über die Dauer eines einzelnen Projekts hinausgehen, lassen sich vor allem in lokalen Clustern erzielen. Das prominente Vorbild ist das *Silicon Valley*, wo sich eine Vielzahl von Forschungseinrichtungen und Unternehmen der IT-Branche auf engem Raum befinden. Diese lokale Konzentration fördert den gegenseitigen Austausch und schafft ein spezielles soziales Klima. Ein solches Cluster wirkt damit wie ein Magnet, der weitere Ansiedlungen von komplementären Unternehmen und Einrichtungen anzieht und so seine Anziehungskraft weiter verstärkt. Aus einem zunächst nur regional sichtbaren Zentrum kann so ein international bekanntes werden. In vielen Ländern wird seit den 90er Jahren versucht, durch den Einsatz gezielter Förderinstrumente das Vorbild des *Silicon Valleys* nachzuahmen. Das BMBF hat 1995 mit dem BioRegio-Wettbewerb angefangen, deutsche Zentren in der Biotechnologie aufzubauen. Seitdem ist die Förderung von Kompetenznetzen und -zentren ein Bestandteil vieler BMBF-Programme geworden.[49] Die EU-Kommission hat in ihrem 6. Forschungsrahmenprogramm mit den *Networks of Excellence* ein ähnliches neues Förderinstrument für die europaweite Vernetzung etabliert. Die faktische Zielsetzung und Ausgestaltung der einzelnen Fördermaßnahmen ist jedoch sehr unterschiedlich. Grob lassen sich drei Stoßrichtungen unterscheiden:

a) Einige Maßnahmen, z. B. das Programm „Innovative regionale Wachstumskerne“ des BMBF für die neuen Bundesländer, setzen darauf, *lokale Kondensationskeime* für künftige Exzellenzzentren zu bilden. Die Förderprogramme sind im Regelfall technologieunspezifisch, es geht nur darum, die langfristige regionale Vernetzung per se zu unterstützen.

b) Bei Technologien, die sich z. B. gerade erst durch Verschmelzen bisher getrennter Forschungs- und Entwicklungslinien herausbilden, werden auch *überregionale Kompetenznetze* gefördert. Ziel ist hier, die gegenseitige Wahrnehmung und Vernetzung der vorhandenen, aber weit verstreuten Akteure zu katalysieren.

c) Falls ein Feld dafür startbereit ist, können Wettbewerbe wie BioRegio bestehenden *Zentren* dabei helfen, in ihrem Themengebiet eine wirkliche Spitzenstellung und dadurch eine entsprechende internationale Sichtbarkeit zu erobern. Das impliziert, dass am Ende nur sehr wenige ausgewählte Cluster eine überkritische Masse erreichen können.

In marktwirtschaftlich organisierten Gesellschaften wird der Hauptteil der Technologieentwicklung von privaten Unternehmen erbracht, insbesondere die Aktivitäten in Fords Quadrant sind fast ausschließlich in Unternehmen anzutreffen. Dem Staat könnte jedoch in Kennedys Quadrant eine wichtige Rolle zukommen: Zu Kennedys Quadrant gehört zum einen kurzfristige Marktforschung, zum anderen aber auch langfristige Analysen, welche Anforderungen an zukünftige Technologien durch große gesellschaftliche Herausforderungen gestellt werden, wie sie etwa der demographische Wandel oder das Erreichen von Naturschranken[50] darstellen. Private Unternehmen finanzieren zwar kurzfristige

[49] Eine Liste der deutschen Kompetenznetze findet man unter http://www.kompetenznetze.de.

[50] Zum Konzept der Naturschranken siehe Peter Hennicke, *Nachhaltigkeit – ein neues Geschäftsfeld?*, Hirzel Stuttgart 2002, S. 9ff.

Marktforschung, aber langfristige Bedarfsanalysen liegen außerhalb des Horizonts einzelner Unternehmen. Im Rahmen des Foresight-Prozesses FUTUR des BMBF haben die beteiligten Unternehmen immer wieder den Wunsch artikuliert, sie würden gern wissen, welche normativen Vorstellungen über den zukünftigen Technologiebedarf existieren, um sich bei der eigenen FuE-Planung darauf einstellen zu können und spätere Akzeptanzkrisen zu vermeiden. Hier wäre der Staat als Finanzier von Foresight-Prozessen gefordert, um im partizipativen Dialog mit verschiedensten gesellschaftlichen Gruppen normative Zukunftsvorstellungen zu entwickeln, die als Orientierungsmarken für die künftige Technologieentwicklung dienen können. Außerdem könnte der Staat, der ja selbst ein bedeutender Nachfrager am Markt ist, ankündigen, sein eigenes Bechaffungsverhalten an den gesetzten Orientierungsmarken auszurichten *(Technology Procurement)* und so vom *Demand Pull* ausgehende Impulse an die private Innovationstätigkeit senden. Damit sind wir schon bei der Rolle der Politik angelangt.

6.3.2 Politikberatung

Wie zuvor beschrieben, hat sich zwischen Wissenschaft und Wirtschaft die Brücke der experimentellen technischen Entwicklung gebildet. In analoger Weise hat sich die *wissenschaftliche Politikberatung* zwischen Wissenschaft und Politik geschoben, wie in Abbildung 6.1 gezeigt.

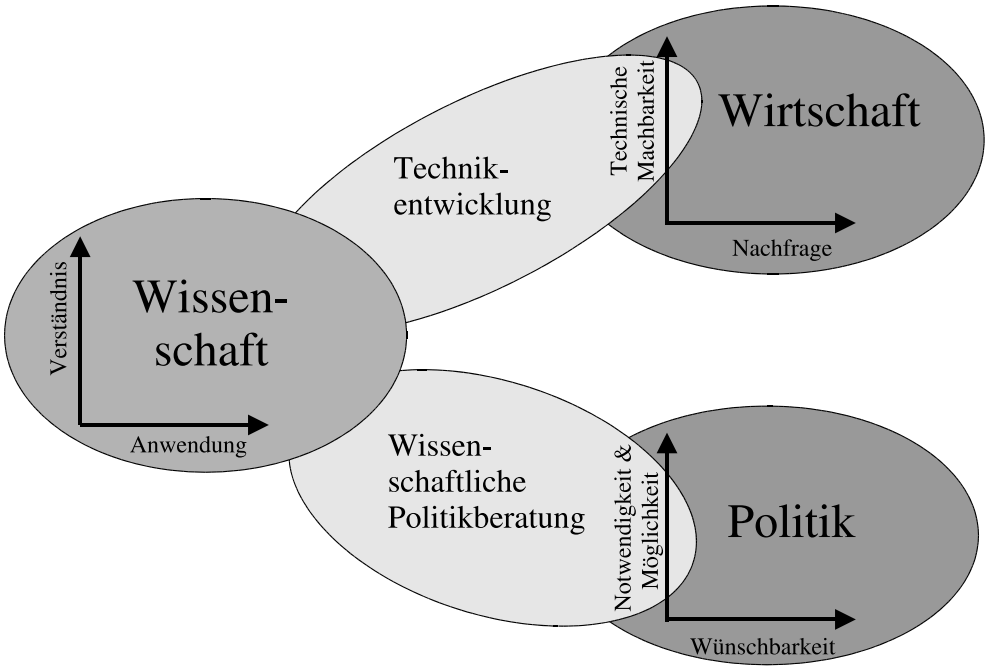

Abb. 6.1: Wissenschaft – Wirtschaft – Politik

Die zunehmende Verwissenschaftlichung der Politik hat eine Reihe von Gründen: In modernen Gesellschaften stellt die Wissenschaft nicht selten erst die Sprache bereit, in der sich politische Ziele formulieren lassen, oder sie weist auf drohende Gefahren hin, auf die politisch reagiert werden muss. Vor allem ist die Wissenschaft aber unverzichtbar geworden, die erforderlichen Instrumente zum Erreichen politischer Ziele bereitzustellen oder aufzuzeigen. Außerdem sehen sich Politiker zunehmend gezwungen, politische Entscheidungen dadurch zu legitimieren, dass sie im Einklang mit dem Stand von Wissenschaft

und Technik stehen. Und, last but not least, trägt die Wissenschaft als Gedächtnis der Menschheit zum Lernen aus der Geschichte und früheren Fehlern bei.[51]

Die modernen Gesellschaften am Ende des 20. Jahrhunderts sind gegenüber denen um die Jahrhundertwende unvergleichbar komplexer und undurchsichtiger geworden. [...] Parteieliten und Parlamentsabgeordnete, ein gewisses Maß an Pflichtbewußtsein einmal unterstellt, können sich bestenfalls nur auf einem der Politikfelder sachkundig machen, in anderen Bereichen können sie kaum über ein Wissen verfügen, das sie befähigt, sachkundig darüber mitzuentscheiden. Die Grundannahme des Konzepts repräsentativer Demokratie, wonach das Volk außerstande sei, selbst politische Konzepte zu entwickeln, liefert in der Konsequenz die Rechfertigung für die elitedemokratische Herrschaftsform. Diese Annahme trifft allerdings auch auf die Repräsentanten zu.

Mohssen Massarrat (2000), *Dritte Kammern*, S. 188

Die Legislative versucht, ihr Wissensdefizit durch ein Anzapfen der Wissenschaft auszugleichen: Zukunftsfragen werden in Enquete-Kommissionen beraten, die mit Abgeordneten und Wissenschaftlern besetzt sind, und politisch relevante wissenschaftlich-technische Entwicklungen werden vom Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) im Auftrag der Abgeordneten analysiert. Noch viel stärker ist die Kopplung zwischen Wissenschaft und Politik im Bereich der Exekutive ausgeprägt: Viele Ministerien haben im 20. Jahrhundert eigene Ressortforschungseinrichtungen gegründet, außerdem wird Fachexpertise durch Gutachten und zahllose Beratergremien eingeholt. Das stärkere Zurückgreifen auf wissenschaftliche Kompetenz hat zum einen die Hoffnung auf ein rationaleres Staatshandeln[52] genährt, aber auch die Angst vor dem Einfluss demokratisch nicht legitimierter Expertokraten.[53] Je verbreiteter wissenschaftliche Politikberatung wurde, desto mehr haben sich die ursprünglichen Befürchtungen der Technokratie-Debatte aufgelöst. Ist es nur Gewöhnung, oder gibt es andere Gründe?

Der inhärent inflationäre Rückgriff auf wissenschaftlichen Rat für legitimatorische, aber auch für instrumentelle Zwecke erweist sich letztlich als potentiell selbstzerstörerisch und de-legitimierend.

Peter Weingart (2001), *Die Stunde der Wahrheit?*, S. 162

PETER WEINGART sieht verschiedene Mechanismen am Werk, die die Grundlagen der Politikberatung unterminieren, je verbreiteter sie wird.[54] Politikberatung beruht wesentlich darauf, dass Wissenschaft gesichertes und konsensuales Wissen der Politik bereitstellen kann. Die Zunahme wissenschaftlicher Politikberatung hat jedoch zu einer Demokratisierung des Expertenwissens geführt – jede gesellschaftliche Gruppe, ob Regierung, Op-

[51] Die Wissenschaft ist aber nicht der einzige *Learning Loop* in der Gesellschaft. Wie die Debatten um organisationales Lernen und betriebliches Wissensmanagement zeigen, entstehen solche Lernschleifen zunehmend auch in anderen Bereichen – die wissenschaftliche Methode des experimentellen Lernens wird „wissensbasierten Organisationen“ zum Vorbild. Im Unterschied zur Wissenschaft ist das Wissen dieser Organisationen jedoch i. a. nicht öffentlich, es ist stark kontextgebunden und daher kaum übertragbar. Da es nicht dem Säurebad unabhängiger Prüfung ausgesetzt wird, kann es auch keinen universellen Geltungsanspruch reklamieren. Vgl. dazu das Kapitel „Die Zukunft der Wissensordnung“ in Weingart (2001), das eine „Zunahme der sozialen Distribuiertheit der Wissensproduktion“ und eine „Generalisierung der Forschung als Handlungsmodus“ in der Wissensgesellschaft konstatiert.

[52] HELMUT SCHELSKY schrieb 1977 dazu: „An die Stelle eines politischen Mehrheitswillens tritt als Verantwortungsrahmen für die institutionellen Entscheidungen der *Sachverstand* und die Anerkennung der *Sachgesetzlichkeiten.*“(Helmut Schelsky, *Mehr Demokratie oder mehr Freiheit?*, in: Erhard Denninger [Hrsg.], *Freiheitliche demokratische Grundordnung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1977, S. 428)

[53] Berühmt wurde die 1961 geäußerte Warnung des scheidenden US-Präsidenten DWIGHT D. EISENHOWER, dass die “öffentliche Politik des Landes zum Gefangenen einer wissenschaftlich-technologischen Elite werde“. Zitiert nach Weingart (2001), S. 134.

[54] Vgl. das Kapitel „Wissenschaftliche Expertise und politische Entscheidung“ in Weingart (2001).

position oder Interessenverband – kann sich auf die ihr genehmen Experten und wissenschaftlichen Standpunkte berufen. Damit verschwindet der Nimbus einer monolithischen Sachrationalität; Wissenschaftler werden politischen Positionen zugeordnet und die Wissenschaft als solche wird politisiert. Je weiter Politikberatung in Bereiche noch unsicheren Wissens vordringt, etwa bei der Abschätzung der Folgewirkung neuer Technologien, desto stärker wird der Expertenstreit auf die öffentliche Bühne getragen und untergräbt die Autorität der Wissenschaft. Politikberatung gerät zur Beliebigkeit.

Die zunehmende Kopplung zwischen Wissenschaft und Politik zwingt zu neuen Arrangements, um das aufgezeigte Dilemma zu entschärfen. Die wissenschaftliche Politikberatung hat bisher noch keine ideale Institutionalisierungsform gefunden, wie etliche Beispiele zeigen: Das TAB ist eigentlich als eine unabhängige wissenschaftliche Beratungsinstitution des Bundestages gedacht, de facto nehmen die Parteien jedoch starken Einfluss auf die Beratungsinhalte. Einrichtungen wie die Akademie für Technikfolgenabschätzung Baden-Württemberg, die satzungsgemäß wissenschaftliche Politikberatung betreiben, werden sowohl von der Seite der akademischen Wissenschaft als auch von Seiten der staatlichen Auftraggeber sehr kritisch beäugt.[55] Die Enquete-Kommissionen des Bundestages haben nur ein bescheidenes Budget und sind nicht in die staatliche Forschungsförderpraxis integriert, was aber erforderlich wäre, um fundierte Lösungsvorschläge für die behandelten Probleme generieren zu können. Die Beratungsgremien der Regierung leiden darunter, dass die meisten (ehrenamtlichen) Berater die Erfahrung machen, dass ihre Ratschläge schlicht ignoriert werden, so dass sich hochkarätige Wissenschaftler nicht selten die Frage stellen, ob sie Zeit und Engagement nicht besser anders aufwenden.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Wenn die Wissenschaft Einfluss haben will, dann ist sie entweder nicht mehr unabhängig – wie etwa im Falle der Ressort- oder der Auftragsforschung –, oder sie ist frei, wird aber nur gehört, wenn sie in der Öffentlichkeit maßlos übertreibt und einseitig statt wohlabgewogen argumentiert, was langfristig ihre Glaubwürdigkeit ruiniert.[56] Es steht also die Frage, wie ein besserer Adapter zwischen Wissenschaft und Politik beschaffen sein könnte, der die funktionale Differenz aufrecht erhält und so die spezifischen Leistungen von Politik und Wissenschaft ermöglicht, aber die unverzichtbare Kopplung zwischen beiden vornimmt. Ein Ausweg kann in der bewussten Verknappung der wissenschaftlichen Expertise bestehen, z. B. durch Einrichtung exklusiver Beratungsgremien. Instruktiv ist hier vielleicht die Strategie des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), den Expertenstreit von der öffentlichen Bühne fernzuhalten, indem nur konsensuale Berichte an die Allgemeinheit weitergegeben werden. Dieses Modell setzt jedoch voraus, auch widerstreitende Meinungen einzubinden, die sonst

[55] Der Wissenschaftsrat hat der TA Akademie in einer Evaluation bescheinigt, dass seine Politikberatung nicht auf fundierter eigener Forschungsarbeit beruhe. Auch bei der finanzierenden Landesregierung ist die Einrichtung nicht wohlgelitten, dort aber nicht wegen mangelnder Wissenschaftlichkeit, sondern wegen ihrer unbequemen Vorschläge. Baden-Württemberg beschloss 2002, die TA-Akademie als eigenständige Einrichtung zu schließen, wobei wohl auch eine Rolle spielte, dass die Gründung ein Kind der Vorgängerregierung war.

[56] Reinhart Hüttl hat die Rede vom „negativen Kassandra-Syndrom“ in Umlauf gebracht: Während die zutreffenden Warnungen der Kassandra der griechischen Sage nach niemand ernst nahm, sind der Wissenschaft viele Warnungen geglaubt worden. Da sie sich als überzogen herausgestellt haben, verliert die Wissenschaft nun ihre Glaubwürdigkeit. Dies gilt selbst dann, wenn die Warnungen nur deshalb überspitzt wurden, um zu Verhaltensänderungen Anstoß zu geben, die das Prophezeite verhindern könnten. Vgl. Weingart (2001), S. 274 und S. 332.

den Weg am Gremium vorbei in die Öffentlichkeit suchen würden. Damit ist schon das nächste Thema benannt: Der Wissenstransfer über die Öffentlichkeit.

6.3.3 Popularisierung

In den letzten Jahren hat die Popularisierung wissenschaftlicher Erkenntnisse unter dem Stichwort *Public Understanding of Science and Humanities* (PUSH) deutlichen Auftrieb erfahren.[57] In Deutschland haben sich beispielsweise der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, das BMBF und diverse Forschungsorganisationen zur Initiative *Wissenschaft im Dialog* zusammengefunden. Anno 2000 wurde zum *Jahr der Physik* ausgerufen und mit zahlreichen öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen begangen; das Jahr der Lebenswissenschaften (2001), der Geowissenschaften (2002) und der Chemie (2003) folgten. Anlass für diese Aktivitäten waren die sinkenden Studienanfängerzahlen in vielen naturwissenschaftlichen und technischen Fächern. Nun hofft man, durch stärkere Öffentlichkeitsarbeit etwas gegen das sinkende Interesse an diesen Fächern tun zu können. Viele Naturwissenschaftler, die sich lange Jahre nur wenig um eine allgemein verständliche Darstellung ihrer Forschungen bemüht haben, bemerken dabei jedoch, dass ihre hochspezialisierten Fragestellungen selbst dem interessierten Laien kaum zu vermitteln sind.

Es wäre aber verkürzt, wenn man Populärwissenschaft nur als eine PR-Aktivität betrachten würde, um den Zustrom an Nachwuchskräften und Geld zu sichern. Die Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse hat auch eine aufklärerische Komponente. Die Inhalte heutiger Schulbildung sind die Forschungsergebnisse von gestern, populärwissenschaftliche Fernsehsendungen wie die *Knoff-hoff-Show* erfreuen sich hoher Einschaltquoten, Hoimar Ditfurths Bücher verkaufen sich deutlich besser als die meisten Fachbücher und attraktiv gestaltete Museen wie das im Neandertal sind Publikumsmagneten. Antworten auf nach dem Woher und Wohin des Menschen interessieren nicht nur professionelle Wissenschaftler. Ein ehemaliger Chefredakteur einer großen populärwissenschaften Zeitschrift wusste im persönlichen Gespräch zu berichten, dass die verkaufte Auflage spürbar absackte, wenn mal kein Astronomie-Thema im Heft zu finden war.

> Es gibt ein Interesse des gemeinen Publikums an zweckfreien [naturwissenschaftlichen] Fragestellungen, z. B., wie die Vielfalt der Antikörper entsteht oder die Nervenzelle Nachrichten verarbeitet. Ob es wesentlich größer ist als das für keltisches Münzwesen oder für die Technik des mittelalterlichen Burgenbaus, sei dahingestellt, doch es ist da. Populäre naturwissenschaftliche Zeitschriften werden nicht nur von Forschern gekauft.
>
> Siegfried Bär (1992), *Forschen auf Deutsch*, S. 90f.

Allerdings sind die Zeiten vorbei, als sich Wissenschaftler ans Katheder stellen konnten und ihnen alles unhinterfragt abgenommen wurde.[58] An diesem Wandel hat die Vermittlung über Massenmedien einen nicht unbedeutenden Anteil, die eine eigene Medienwirklichkeit schaffen.[59] Journalisten haben ihre eigenen Selektionskriterien wie Aktualität, Sensation, Personalisierung und Lokalbezug, nach denen sie den Nachrichtenwert einer

[57] Vgl. Jane Gregory und Steve Miller, *Science in Public. Communication, Culture, and Credibility*, Plenum Trade New York 1998.

[58] Vgl. Alan Irwin und Brian Wynne [Hrsg.], *Misunderstanding Science?*, Cambridge University Press 1996.

[59] Siehe hierzu den Abschnitt „Wissenschaft und Medien“ bei Weingart (2001).

Meldung beurteilen und ihre Beiträge konstruieren.[60] Die Massenmedien übersetzen nicht einfach wissenschaftliche Erkenntnisse in Alltagssprache, sie schaffen eine eigene mediale Wahrnehmung. Besonders deutlich zeigt sich dies, wenn Risiken wie BSE kommuniziert werden, auf die soeben erst Hinweise entdeckt wurden und über die in der wissenschaftlichen Fachgemeinschaft noch kein Konsens bestehen.

Die Wissenschaft steckt hier in einem unauflösbaren Dilemma: Sie selbst ist es erst, die Risiken überhaupt erst aufdeckt, der „Mann auf der Straße" muss ihren Einschätzungen vertrauen. Gerade erst neu Entdecktes ist aber innerwissenschaftlich immer umstritten – man kennt bestenfalls die als nächstes zu stellenden Fragen, aber noch nicht die Antworten. Das Vertrauen des Laien in die Wissenschaft beruht jedoch nun gerade darauf, dass sie konsensuales und gesichertes Wissen anbietet. Dies ist im Falle der Kommunikation von Risiken, Unsicherheiten und Nichtwissen jedoch prinzipiell unmöglich.

Hinzu kommt, dass sich die Risikowahrnehmung von Wissenschaftlern und Verwaltungsexperten oft deutlich von der Akzeptanzwahrnehmung durch Laien unterscheidet: Während Fachexperten Risiken in einem technischen Sinne als Schadenshöhe mal Eintrittswahrscheinlichkeit definieren und Akzeptanzeinschätzungen durch Vergleich mit anderen bekannten Risiken vornehmen, ist für den Normalbürger vor allem entscheidend, ob er selber Kontrolle über das Eingehen von Risiken hat. Von der Natur ausgehende Risiken – etwa Erdbeben oder Vulkanausbrüche – werden als Schicksal akzeptiert, während bei menschengemachten Risiken erwartet wird, dass der Staat davor schützt oder dass der Einzelne das auf ihn individuell entfallende Risiko effektiv kontrollieren kann. Anders wäre nicht zu erklären, wieso derselbe Mensch bewusst hochriskante Freizeitvergnügen wie Free Climbing suchen kann, aber aus Angst vor BSE kein Rindfleisch mehr isst, obwohl die Wahrscheinlichkeit dafür viel kleiner als ein tödlicher Sturz beim Klettern ist. Außerdem scheint bei extrem selten eintretenden Ereignissen allein der mögliche Maximalschaden die Akzeptanzeinschätzung zu bestimmen, während die Eintrittswahrscheinlichkeit gar keine Rolle spielt. Wenn man Leuten also die Angst vor Atomkraftwerken nehmen will, muss man die maximale Schadenshöhe verringern und nicht die Eintrittswahrscheinlichkeit.[61]

Die Unterschiede in der Auffassung des Risikobegriffs sind aber nur ein Beispiel von vielen, bei denen Alltagsverstand und wissenschaftliche Auffassung im Konflikt liegen. In der Vergangenheit hat meist die Wissenschaft erfolgreich das Supremat für sich reklamiert. Wenn Wissenschaftler sich von der Darstellung in den Medien und den Reaktionen der Bevölkerung missverstanden fühlen, dann reagieren sie meist mit der Forderung nach besserer Aufklärung und Bildung der Bevölkerung. Die Erfahrung hat aber gelehrt, dass die einfache Formel „Mehr Wissen = Mehr Akzeptanz für wissenschaftliche Ratschläge" der Erfahrung nicht standhält. Wer mehr weiß, kann seine Ablehnung auch besser ar-

[60] Exemplarisch zeigt sich dies an der Titelseite des Spiegels 33/1986 zum Klimawandel, auf der die Blattmacher den Kölner Dom in den Fluten versinken ließen: Aktualität, Sensation und Lokalbezug wurden bewusst konstruiert, um das Thema griffig darzustellen.

[61] Dieser Zusammenhang gilt nicht nur für die Beurteilung von seltenen Risiken, sondern auch von raren Chancen: Je höher der mögliche Gewinn ist, desto mehr Leute sind bereit, Lotto zu spielen, völlig unabhängig davon, wie groß die Siegwahrscheinlichkeit ist. Wenn man bei extrem kleinen Eintrittswahrscheinlichkeiten nur wenige Male an einer „Ziehung" teilnimmt, ist es in der Tat völlig rational, die Akzeptanzeinschätzung nur von der Höhe des Gewinns bzw. Schadens abhängig zu machen, denn Wahrscheinlichkeitsaussagen enthalten keinerlei Hinweis darauf, was beim nächsten Mal passiert, sondern nur, was im statistischen Mittel über viele Versuche passiert. Niemand spielt aber Lotto über Milliarden Ziehungen hinweg, die man bräuchte, damit die beobachteten Häufigkeiten sich den berechneten Wahrscheinlichkeiten annähern.

tikulieren. Außerdem hat sich in einigen Fällen gezeigt, dass der gesunde Menschenverstand für das Alltagshandeln angemesseneres Wissen bereit hält als die Wissenschaft.[62] Gegen die Mainstream-Wissenschaft ist deshalb gelegentlich der Vorwurf erhoben worden, sie ignoriere bei ihren Ratschlägen an die Alltagspraxis systematisch das vorhandene Handlungswissen lokaler Gemeinschaften. Optimistisch betrachtet kann man jedoch der Lernfähigkeit der Wissenschaft vertrauen, aus vergangenen Misserfolgen zu lernen und die Tauglichkeit eigener Handlungsvorschläge kritisch zu reflektieren.[63] Ansätze in dieser Richtung gibt es bereits, so ist in der anwendungsorientierten Nachhaltigkeitsforschung der Terminus „Umsetzungsforschung“ für Untersuchungen geprägt worden, was erfolgreiche Praxisberatungen auszeichnet.

6.4 Wissenserwerb im Ausland

Wissenschaft ist genuin international und nicht an nationalstaatliche Grenzen gebunden. Dies zeigt sich u. a. daran, dass wissenschaftliche Publikationen im Prinzip international öffentlich zugänglich sind und viele Konferenzen multinational besucht werden. Die wenigen Experten eines Faches waren schon immer international verstreut. Sie wurden und werden durch Austausch von Briefen und Publikationen, gelegentliches Zusammentreffen sowie gegenseitige Forschungsaufenthalte zusammengehalten.
Zwar ist das kodifizierte Wissen im Prinzip jedem zugänglich, eine Nation hat aber nur etwas davon, wenn es auch entsprechend talentierte und ausgebildete Manpower besitzt, um das Wissen verwenden zu können. In der Wissenschaftsgeschichte lässt sich daher mehrfach beobachten, dass aufstrebende Nationen zunächst ihren wissenschaftlichen Nachwuchs im wissenschaftlich führenden Ausland ausbilden ließen und ausländische Fachkräfte ins Land holten, um dann mit diesen ein eigenes Hochschulsystem aufzubauen. Ein besonders instruktives Beispiel ist der Fall Japan.[64]

Die Japaner waren um die Mitte des vorigen Jahrhunderts [gemeint ist das 19. Jh.] mit europäischer Technologie in Gestalt holländischer Kriegsschiffe in Berührung gekommen und hatten die Überlegenheit der westlichen Technologie anerkennen müssen. Diese Erkenntnis war für die japanische Regierung Veranlassung, durch geplante wissenschaftspolitische Maßnahmen westliche Wissenschaft und Technologie zu importieren. [...] Zwischen 1872 und 1886 wurden ausländische Berater ins Land geholt und japanische Studenten nach einer Verordnung aus dem Jahre 1870 nach Europa und Amerika geschickt. Ein holländischer Berater der japanischen Regierung hatte die Gebiete festgelegt, auf denen Experten arbeiten bzw. auf denen Japaner studieren sollten. Diesem Plan gemäß wurden Amerikaner in der Landwirtschaft und im Landvermessungswesen tätig, Engländer arbeiteten im Eisenbahnwesen, Franzosen in der Armee, im Berg- und Schiffbau und Deutsche vor allem in der Medizin und den ‚reinen‘ Wissenschaften. Japanische Studenten wurden je nach Fachrichtung in folgende Länder geschickt:

Deutschland: Physik, Chemie, Astronomie, Geologie, Mineralogie, Botanik, Zoologie, Medizin, Pharmazie, Erziehungswesen, Politische Wissenschaft, Volkswirtschaft
England: Ingenieurwesen, Geologie und Mineralogie, Eisenbahnwesen, Architektur, Schiffbau, Fleischverarbeitung, Handel, Armenversorgung

[62] Wenn die im Abschnitt 4.2.2 geschilderte Vermutung von Georg Picht richtig ist, dann könnte dies damit zusammenhängen, dass das (natur)wissenschaftliche Erkenntnisideal an zeitlos wahrem Wissen orientiert ist, während das Alltagswissen vom Handeln im Hier und Jetzt geprägt ist.

[63] Die Fähigkeit zur Selbstkritik ist eine konstitutive Norm der Wissenschaft, die Robert K. Merton als *Organized Scepticism* bezeichnete.

[64] Derek J. de Solla Price diskutiert die japanische Strategie am Beispiel der Physik im Kapitel „Political Strategy for Big Scientists“ in *Little Science – Big Science ... and beyond*, Columbia University Press New York 1986, S. 87ff. Auch bei Pfetsch (1974), S. 347ff., findet sich eine interessante Schilderung des japanischen Vorgehens.

Frankreich: Botanik, Zoologie, Astronomie, Mathematik, Physik, Chemie, Architektur, Rechtswissenschaften, Internationale Beziehungen, Öffentliche Wohlfahrt
USA: Agrikultur, Industriegesetzgebung, Bergbau, Kommunikationswesen, Handelsrecht
Holland: Hydraulik, Architektur, Schiffbau, Politische Wissenschaft, Volkswirtschaft, Armenversorgung

Pfetsch (1974), *Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland 1750 - 1914*, S. 347f.

So lange die Mobilität der Manpower beschränkt bleibt, liegt der eigentliche Schatz eines nationalen Wissenschaftssystems in seiner ausgebildeten Manpower. Im Zuge des Globalisierungsprozesses wächst jedoch für viele Länder die Gefahr, dass die talentiertesten Forscher das Land verlassen und sich attraktivere Wirkungsstätten suchen. Während früher nur der *Brain-drain* aus ärmeren Ländern in die USA thematisiert wurde, macht man sich mittlerweile auch über die Abwanderung aus Europa Sorgen.[65] Auch in Deutschland mehren sich die Stimmen, die davor warnen, dass zu viele talentierte Nachwuchsforscher Deutschland verlassen. Von den 9 deutschen Nobelpreisträgern der Jahre 1991 - 2001 arbeiten 4 nicht in Deutschland, sondern in den USA. Die Abwanderung wird nicht durch Zuwanderung aus dem Ausland kompensiert – Deutschland ist für ausländische Studierende und Spitzenforscher nicht mehr anziehend.[66]

6.5 Wissen kodifizieren und teilen

Wissenschaftler haben starke Anreize, ihre Resultate zu kodifizieren und durch Publikation zu öffentlichem Wissen zu machen, das im Prinzip jedem zur Verfügung steht. Die Veröffentlichungspflicht ist eine der konstitutiven Grundnormen der Wissenschaft.[67] Die Norm ist auch mit Anreizen und Sanktionen im Wissenschaftsbetrieb verankert: Wissenschaftliche Grade wie der Doktortitel werden nur verliehen, wenn die entsprechende wissenschaftliche Arbeit veröffentlicht wurde. Individuelle Karrierechancen waren und sind zunehmend stärker vom Publikationsumfang abhängig – *Publish or Perish* heißt die Devise. Denn nur durch Anerkennung eigener Veröffentlichungen durch die Fachkollegen kann man Reputation erwerben. Aufgrund des *Peer Reviews* bei der Ressourcenallokation lässt sich Ansehen wieder in materielle Ressourcen (Ausstattung des Lehrstuhls, Einwerbung von Drittmitteln, Sog von Mitarbeitern) umsetzen. Diese wiederum sind Grundstein zukünftiger angesehener Veröffentlichungen. LATOUR spricht hier vom *Credibility Cycle*.[68]

Daneben spielen Argumente wie die Stärkung des Selbstwertgefühls oder der Wunsch, durch eine Veröffentlichung „unsterblich“ zu werden, eine Rolle. Auch lässt sich allein durch eine Publikation ein Beitrag zur Wahrheitsfindung und zum Wissensbestand der Menschheit leisten – viele Wissenschaftler sind durch dieses Moment intrinsisch motiviert. Vor allem aber müssen Ergebnisse rechtzeitig publiziert werden, denn nur dem Erstentdecker werden Ruhm und Ehre zuteil.

[65] Vgl. Sami Mahroum, *Europa und die Herausforderung durch 'Brain Drain'*, IPTS-Report **29** (1998), S. 23 - 29.

[66] So äußerte sich der Vorsitzende des Wissenschaftsrats, Karl M. Einhäupl, wie folgt: „Der beobachtbare *Brain-drain* junger deutscher Wissenschaftler in das Ausland und die mangelnde Attraktivität deutscher Hochschulen für ausländische Nachwuchswissenschaftler sind alarmierend.“ (*Forschung 'made in Germany' auf dem Prüfstand*, Physikalische Blätter **57** (2001) Nr. 7/8, S. 3)

[67] ROBERT K. MERTON hat diese Norm unter dem Terminus technicus *Communism* in die wissenschaftssoziologische Debatte eingeführt. Vgl. den Abschnitt 2.1.1.

[68] Vgl. hierzu den Abschnitt 2.5.

6.6 Schlussfolgerung: Interdisziplinarität gezielt fördern

Unter der Überschrift „Wissenstransfer“ wurden in diesem Kapitel die drei Bausteine *Wissen erwerben*, *Wissen verteilen* und *Wissen nutzen* der betrieblichen Wissensmanagement-Diskussion behandelt und auf das deutsche Wissenschaftssystem übertragen. Nun gilt es, das Beschriebene auf die leitende Fragestellung dieser Arbeit zu beziehen: *Sind die Voraussetzungen gegeben, um Wissen aus verschiedenen Gebieten zusammenführen zu können?*

Die großen Herausforderungen, vor denen moderne Gesellschaften heute stehen, sind ohne Wissenschaft nicht lösbar, allerdings tun uns die Schwierigkeiten nicht den Gefallen, sich den disziplinären Schubladen der Wissenschaft zu beugen. Daher ist ein Zusammenführen von Wissen aus verschiedenen Gebieten unumgänglich. Dies kann nicht durch einfaches Addieren vorhandener Erkenntnisse geschehen, sondern setzt eigenständige Forschungsanstrengungen in interdisziplinärer Zusammenarbeit voraus.

Forschung findet aus den im Abschnitt 2.5 dargelegten Gründen normalerweise in fachlicher Spezialisierung statt, anders wäre die zunehmende Komplexität in der Wissenschaft gar nicht zu bewältigen. Um Praxisprobleme zu lösen, müssen jedoch verschiedene Wissensgebiete zusammenarbeiten. Dabei zeigt sich, dass neben Berührungsängsten vor allem Sprachbarrieren die Zusammenarbeit erschweren. Hinzu kommt, dass fehlende Karrieremuster und Anreizstrukturen interdisziplinäres Arbeiten unattraktiv erscheinen lassen.

Rivalitäten zwischen sozialen Gruppen gibt es in der Wissenschaft genauso wie in anderen gesellschaftlichen Bereichen. Am besten begegnet man ihnen durch „vertrauensbildende Maßnahmen“ und gemeinsame Praxis. Dafür müssen aber entsprechende organisatorische Rahmen zur Verfügung stehen, wie sie von Einrichtungen wie dem Zentrum für interdisziplinäre Forschung in Bielefeld oder der Europäischen Akademie in Bad Neuenahr geboten werden.

Die Kommunikation innerhalb bestehender wissenschaftlicher Gemeinschaften zeichnet sich durch hohe Kohärenz des Vorverständnisses aus. Dieses stumme Einverständnis fehlt bei interdisziplinären Forschungsvorhaben. Diese Hürde lässt sich im Grunde nur überwinden, wenn zumindest einige Beteiligte die Sprache mehrerer Wissensgebiete beherrschen und so zwischen den verschiedenen Sichtweisen vermitteln können. Wenn man also die Möglichkeit zu interdisziplinärer Forschung nachhaltig fördern möchte, dann sollte man mehr Generalisten beschäftigen, die über eine multidisziplinäre Ausbildung und Praxis verfügen. Eine wahrhaft multidisziplinäre Ausbildung könnte beispielsweise durch vollwertige Abschlüsse im Studium Generale erreicht werden, die einige wenige Volluniversitäten anbieten könnten.

Solche Generalisten werden zwar unschätzbare Dienste bei der Vermittlung und Übersetzung zwischen verschiedenen Fächern leisten, sie werden aber die Sprachprobleme nicht auflösen, denn die Vorstellungen darüber, welche Grundstrukturen die Welt aufweist und welche nicht, sind in den einzelnen Zweigen der Wissenschaft höchst unterschiedlich. Kommunikationspartner müssen jedoch ein gewisses Minimum an intersubjektiver Übereinstimmung hinsichtlich ihrer ontologischen Grundüberzeugungen haben, sonst kann weder wissenschaftliche noch sonstige Kommunikation gelingen. Es wäre daher eine große Aufgabe für die Wissenschaftsphilosophie, die Denkvoraussetzungen der verschiedenen Wissenschaftsgebiete zu erhellen und eine für die Aufgabe der Wissenschaftsintegration geeignete Metaphysik zu schaffen.

Karrierepositionen werden in der Wissenschaft immer in fachlich-disziplinären Mustern vergeben. Daher steckt derjenige schnell in einer Sackgasse, der sich (zu früh) auf interdisziplinäres Arbeiten einlässt. Bei Qualifizierungsarbeiten, über die heute ein großer Teil der Forschungsarbeit erbracht wird, ist es sehr schwierig, einen interdisziplinären Ansatz zu wählen, da diese Arbeiten letztlich disziplinär verteidigt werden müssen. Nur Etablierte, die eine gesicherte Karriereposition erreicht haben, können sich erlauben, den Bunker ihres Fachs zu verlassen. Wer also Interdisziplinarität ernsthaft fördern will, der darf nicht bloß danach rufen, sondern muss auch entsprechende Karrierepfade, Anreize und Belohnungen zur Verfügung stellen. Die Bemühungen der Forschungspolitik um eine Unterstützung interdisziplinärer Ansätze dürfen nicht nachlassen, denn nur durch konstantes Gegensteuern lässt sich die natürliche Tendenz zur Spezialisierung ausbalancieren.

Kapitel 7

Speicherung von Wissen

> Einmal erworbene Fähigkeiten stehen nicht automatisch für die Zukunft zur Verfügung. Die gezielte Bewahrung von Erfahrungen oder Informationen und Dokumenten setzt Managementanstrengungen voraus. [...]
>
> In jeder größeren Organisation werden täglich viele Erfahrungen gewonnen, die für die Zukunft nützlich sein könnten und daher bewahrt werden sollten. Die Herausforderung liegt in der Selektion zwischen bewahrungswürdigen und nicht bewahrungswürdigen Wissensbestandteilen. Dabei gilt die Leitregel, daß nur, was in der Zukunft für Dritte nutzbar sein könnte, es auch verdient, bewahrt zu werden.
>
> H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto (1998), *Wissensmanagement*, S. 31

Die Bewahrung gewonnenen Wissens wurde in der Wissenschaft – anders als in Unternehmen – von vornherein ernst genommen. Schon in der Antike gab es Bibliotheken, die wissenschaftliche Schriften öffentlich zugänglich aufbewahrten. In den Klöstern des Mittelalters wurden die als bewahrenswert eingestuften alten Schriften mühsam abgeschrieben und so von Generation zu Generation weitergegeben. Mit der Erfindung des Buchdrucks durch JOHANNES GUTENBERG (ca. 1395 - 1468) wurde die Bewahrung kodifizierten Wissens noch einmal deutlich erleichtert.

Im Mittelalter und bis in die frühe Neuzeit hinein galt das Wissen der Alten als die einzig relevante Wissensquelle. Dennoch ist ein guter Teil davon über die Jahrhunderte verschüttet worden. In der Renaissance galt es daher als ein hohes Ziel, den Wissensstand der Antike wieder zu erreichen und den eigenen Kenntnisstand zu verbessern. Forschungen an den sichtbaren Zeugen der antiken Leistungsfähigkeit – Brücken, Tempel, Bilder, Rechtsdokumente – sollten deren Herstellungsverfahren enthüllen. Bald merkte man jedoch, dass man bei dem Versuch, die Höhe der Antike wiederzugewinnen, auch auf völlig neue Ideen und Techniken gekommen war – festzustellen daran, dass es keine adäquaten griechischen und lateinischen Ausdrücke für sie gab. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der geographischen Entdeckungen setzte ein allmählicher Umschwung in der Geisteshaltung ein: Während bis dato Erkenntnisfortschritt *vergangenheitsorientiert* als Wiedergewinnung des antiken Stands begriffen wurde, kam nun der *zukunftsgewandte* Glaube an die Machbarkeit universellen Fortschritts durch systematische Produktion neuen Wissens auf, wie er sich in der Programmatik FRANCIS BACONS (1561 - 1626) findet.[1]

[1] Vergleiche zu diesem Bedeutungsumschwung von Wissens*bewahrung* auf Wissens*produktion* den Abschnitt „Die Ideen der Verbesserung der Technik und des Fortschritts der technischen Erkenntnis in der Renaissance“ bei Wolfgang Krohn, *Die Verschiedenheit der Technik und die Einheit der Techniksoziologie*, in: Peter Weingart [Hrsg.], *Technik als sozialer Prozeß*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1989, S. 24 - 31.

Der Zuwachs des Wissens binnen einer Generation war bald so groß wie der gesamte Wissensbestand. Der Wissenserwerb durch Forschung gewann gegenüber dem Wissenserwerb aus dem Bestand erheblich an Bedeutung. DEREK J. DE SOLLA PRICE spricht deshalb davon, dass die gesamte Wachstumsphase der Wissenschaft von einer „hohen Gegenwartskonzentration“ geprägt gewesen sei.[2]

Im *Steady State*, in den wir jetzt eingetreten sind, muss die Gegenwartskonzentration der Wissenschaft aber unweigerlich abnehmen. Wir sitzen zunehmend auf einem Berg von Wissen, dessen Zuwachs im Vergleich zum Bestand immer bescheidener wird. In der Folge wird die Bewahrung und rasch zugängliche Verfügbarhaltung alten Wissens wieder zunehmen müssen, will man kollektive Amnesie vermeiden. Es drängt sich daher die Frage auf, ob sich die gegenwärtigen Vorhaltemethoden unter den gewandelten Bedingungen als angemessen erweisen. Oder sind gar alternative Lösungen in Sicht, die sich bereits am Horizont abzuzeichnen beginnen?

7.1 Speichermedien

Wissenschaft ist auf öffentliches Wissen ausgerichtet. Die heute zum Grundethos eines jeden Wissenschaftlers gehörende Norm des *Communism*, wie ROBERT K. MERTON (1910 - 2003) sie nannte, hat sich aber erst im Laufe der Zeit herausgebildet. PLATON (427 - 347 v. u. Z.), der die europäische Geistesgeschichte so stark prägte, dass ALFRED NORTH WHITEHEAD (1861 - 1947) die gesamte abendländische Philosophie als „Fußnoten zu Platon“[3] bezeichnete, beurteilte die Fähigkeit der Schrift, Gedanken zu transportieren, sehr skeptisch. Er sah in schriftlich Niedergelegtem lediglich ein Hilfsmittel, um die bereits Einsichtigen wieder an frühere Gedanken zu erinnern. Diese Einstellung führte PLATON dazu, keine Lehrbücher zu schreiben, sondern seine Schriften in Dialogform niederzulegen, die am ehesten den Denkprozess als Gespräch der Seele mit sich selbst wiederzugeben vermag.[4] Auch zu Beginn der neuzeitlichen Wissenschaften im 17. Jahrhundert galt eine Veröffentlichung der eigenen Forschungsresultate nicht so viel wie heute. Unter den damaligen Naturforschern war Geheimhaltung durchaus an der Tagesordnung.[5] Selbst heute ist ein nicht unerheblicher Teil des akademischen Schrifttums – etwa Diplom- und Studienarbeiten, Arbeitspapiere und Konferenzberichte – als so genannte graue Literatur nur einem kleinen Kreis zugänglich und damit de facto nicht öffentlich.

Neben dem Wandel sozialer Normen und Attitüden haben aber auch immer die zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten die Publikationsformen geprägt. Im Folgenden sollen drei stark genutzte Publikationsformen – Bücher, Journale und Preprint-Server – eingehend betrachtet und ein kurzer Blick auf weitere Speichermedien gerichtet werden.

---

[2] Vgl. Abschnitt 3.2.1.

[3] Vgl. Alfred North Whitehead, *Prozeß und Realität*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1979, S. 91f. (Original: *Process and Reality*, Macmillan New York 1929).

[4] Zu PLATONS Schriftkritik vgl. seinen Dialog *Phaidros*.

[5] Vgl. hierzu Gernot Böhme und Wolfgang van den Daele, *Erfahrung als Programm. Über Strukturen vorparadigmatischer Wissenschaft*, in: Gernot Böhme, Wolfgang van den Daele und Wolfgang Krohn, *Experimentelle Philosophie*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1977, S. 190f.

7.1.1 Bücher

Zu den ältesten Publikationsformen gehört das Buch. Schon die wissenschaftlichen Bibliotheken der Antike enthielten Bücher, damals noch handgefertigt auf Papyrusrollen oder Tontafeln. Gegen Ende des Altertums setzte sich die heutige Buchform durch – Papyrusblätter wurden zwischen einem Einband zusammengebunden. Papyrus wurde später von Pergament (gegerbten Tierhäuten) und von Papier auf Lumpen- bzw. Holzbasis abgelöst. Über die Jahrhunderte haben sich nicht nur Materialien und Herstellungsweise geändert, sondern auch die Stile. Heute kennt man u. a. Einzel- und Sammelwerke, Bibliographien, Lehrbücher und fortlaufende Sammelwerke, z. B. die regelmäßig in Buchform erscheinenden Sammelbände von Kongressbeiträgen oder Akademieberichten. Auch einige Qualifizierungsarbeiten werden in Buchform veröffentlicht, z. B. sind Dissertationen im Regelfall Pflichtpublikationen.
Wissenschaftliche Fachbücher werden von entsprechend spezialisierten Fachverlagen herausgegeben. Die in anderen Ländern verbreiteten Hochschulverlage spielen in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle. Wegen des meist kleinen Leserkreises sind wissenschaftliche Publikationen selten kommerzielle Erfolge – viele Verlage verlangen deshalb Druckkostenzuschüsse von den Autoren.
Bücher eignen sich dank ihrer langen Haltbarkeit zur langfristigen Archivierung. Zwar ist nach ca. 50 Benutzungen der Einband verschlissen und muss ersetzt werden, aber die Papierseiten altern bei geeigneter Lagerung sehr langsam. Jahrhundertealte Handschriften sind heute noch immer lesbar. Die Buchbestände aus den letzten 150 Jahren jedoch sind vom Säurefraß bedroht, denn das zur Herstellung verwendete säurehaltige Papier zersetzt sich binnen Jahrzehnten von selbst. Auf Ursachen und mögliche Abhilfen wird noch im Abschnitt 7.4.2 einzugehen sein.

7.1.2 Journale

Mit dem Aufkommen des Postwesens entstand die Möglichkeit, kurze Mitteilungen zu versenden. Die Gelehrten der Neuzeit haben davon regen Gebrauch gemacht und in engem brieflichen Kontakt gestanden.[6] Gottfried W. Leibniz (1646 - 1716) soll in seinem Leben mehr als 1.500 Briefe geschrieben haben. Briefe haben jedoch den Nachteil, nicht öffentlich zugänglich zu sein – es sei denn, sie werden postum ediert. Dieser Nachteil wurde von den wissenschaftlichen Fachzeitschriften behoben, die quasi Sammlungen von offenen Briefen an die Fachkollegen sind.[7] Noch heute deuten die Titel mancher Zeitschriften auf diesen Ursprung hin, etwa bei den *Physical Review Letters*. Das Pariser *Journal des Sçavans* und die *Philosophical Transactions of the Royal Society* zu London, beide 1665 gegründet, waren die ersten wissenschaftlichen Journale. 1682 schuf der Leipziger Professor Otto Mencke (1644 - 1707) mit den in lateinischer Sprache erscheinenden *Acta*

[6] Das Briefeschreiben hat erst mit der weiten Verbreitung des Telefons nach dem 1. Weltkrieg deutlich nachgelassen.

[7] Vgl. hierzu Regine Zott, *Der Brief und das Blatt. Die Entstehung wissenschaftlicher Zeitschriften aus der Gelehrtenkorrespondenz*, in: Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Walter Umstätter [Hrsg.], *Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002*, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin 2003. Eine umfassende historische Darstellung der Entstehung wissenschaftlicher Zeitschriften gibt David A. Kronick, *A History of Scientific & Technical Periodicals. The Origins and Development of the Scientific and Technical Press 1665-1790*, Dissertation University of Chicago Graduate Library School 1962.

Eruditorum die erste wissenschaftliche Zeitschrift Deutschlands. Der Begriff „Zeitschrift“ kam jedoch erst um 1750 auf, zuvor wurden wissenschaftliche Periodika als Ephemeriden, Journals, Diaria, Magazine und ähnliches bezeichnet. Ihre Funktion war zunächst auch weniger die Veröffentlichung von Originalarbeiten, sondern eher die Besprechung neuer Bücher und die Verbreitung von Informationen darüber, wer woran forscht.

Die Zahl von Fachzeitschriften stieg in den folgenden Jahrhunderten rasch. Bis heute sollen schätzungsweise 1 Million Zeitschriften gegründet worden sein, von denen mehr als 100.000 noch bestehen.[8] Schon früh klagten Wissenschaftler über die Literaturflut, die trotz zunehmender Spezialisierung kaum zu bewältigen war. Als um 1850 die Zahl der Journale ungefähr 300 überstieg, entstanden die ersten *Abstract Journals* bzw. Referate-Organe, die eine Kondensation vornahmen. Derek J. de Solla Price nahm an, dass bei $300^2 \approx 100.000$ Journalen ein neues Kondensationsinstrument gebraucht würde.[9] Da es heute mehr als 100.000 wissenschaftlichen Fachzeitschriften gibt, müsste dieses Instrument bereits etabliert sein, wenn die Vorhersage von Price richtig wäre. In der Tat sind durch die Informationstechnik eine Fülle neuer Möglichkeiten entstanden; es ist nur noch nicht klar, was sich auf Dauer durchsetzen wird.

7.1.3 Preprint-Server

Insbesondere in den Naturwissenschaften ist es schon lange verbreitet, Manuskripte vor der Veröffentlichung als so genannte *Preprints* unter Fachkollegen zirkulieren zu lassen. 1991 startete der Physiker Paul Ginsparg vom Las Alamos National Laboratory eine Initiative, deren Erfolg ihn selbst überraschte: Auf einem Internet-Server[10] können seither Wissenschaftler aus aller Welt ihre eigenen elektronischen *Preprints* ablegen und selbst nach Arbeiten von Kollegen recherchieren. Ursprünglich nur für das Feld der Hochenergiephysik gedacht, hat sich der Service mittlerweile auf die gesamte Physik und darüber hinaus ausgedehnt.

Die Vorteile des neuen Service liegen klar auf der Hand: Statt Monate auf das Erscheinen eines Artikels in einem Journal zu warten, können nun Manuskripte sofort nach Fertigstellung weltweit verfügbar gemacht werden. Da die meisten Manuskripte ohnehin elektronisch erstellt werden, entsteht für die Autoren kaum ein zusätzlicher Aufwand. Die Preprints sind damit allen Interessierten zugänglich, die einen Internetzugang besitzen, und nicht mehr wie früher nur einem kleinen Kreis. Davon ganz abgesehen, entstehen für den einzelnen Wissenschaftler kaum Kosten.[11]

---

[8] Die Angaben variieren je nach Quelle. Eine Zeitreihe der Zeitschriftengründungen zwischen 1660 und 1960 findet sich bei Price (1961), S. 97. Hacker (2000), S. 137, nennt eine Zahl von 180.000 laufend erscheinenden Fachzeitschriften weltweit.

[9] Price schrieb 1961: „Thus, by about 1950 we reached the point at which the size of the population of abstract journals had attained the critical magnitude of about three hundred. This is, of course, the reason why during the last decade scientists have been concerned about the need for abstracts of abstracts, calling this an 'information problem' which seems to require some process of electronic sorting of abstracts as a means of coping with the rising flood of literature.“ (Derek J. de Solla Price, *Science since Babylon*, Yale University Press New Haven 1961)

[10] Siehe http://xxx.lanl.gov oder http://arXiv.org oder einen der weltweit verteilten Spiegel.

[11] Für die Instititutionen, die Server und Datennetze betreiben, natürlich schon. Nicht zuletzt deshalb wird die Diskussion heftig geführt, ob es wirklich Aufgabe der wissenschaftlichen Gemeinschaft und ökonomisch günstiger ist, das wissenschaftliche Publikationsgeschäft den Verlagen zu entreißen und es in die Hände der Wissenschaftler zu legen.

7.1.4 Alternative Speicherformen

Gedruckte Bücher und Zeitschriften waren über Jahrhunderte die unangefochtenen Publikationsformen. Mit dem Aufkommen neuer technischer Möglichkeiten sind weitere Speichermedien hinzugekommen, die jedoch über Nischenanwendungen nicht hinausgekommen sind. Verfilmung auf Mikrofiches wird eingesetzt, um ältere oder voluminöse Werke einem breiteren Nutzerkreis zur Verfügung zu stellen und die Originale zu schonen. Mikroformen[12] werden auch eingesetzt, um wenigstens den Inhalt von säurefraßbedrohten Büchern zu retten.
Die seit den 80er Jahren verfügbaren CD-ROMs spielen eine gewisse Rolle bei der Verbreitung von Nachschlagewerken, beispielsweise Datenbanken mit den Eigenschaften chemischer Verbindungen. Die Erfassung von Informationen in elektronischen Datenbanken schafft die Möglichkeit zur automatisierten Verarbeitung. In Fächern wie der Astronomie und der Teilchenphysik oder auch in der Genomforschung fallen massenweise Beobachtungsdaten an, die nur noch automatisch prozessiert werden können. Dies hat nicht nur Innovationen in der Informationsverarbeitung (Stichworte: GRID und Bioinformatik) stimuliert, sondern auch zu neuen Publikationsweisen geführt. Beobachtungsdaten werden teilweise nicht mehr in Papierform veröffentlicht, sondern nur noch als elektronische Datenbanken, die entweder auf CD-ROM vertrieben oder über einen Internet-Server zugänglich gemacht werden.

7.1.5 Wandel der Publikationsformen

Wie oben mit Preprint-Servern und Datenbanken bereits angedeutet, tritt an die Stelle der Publikation auf Papier zunehmend die Veröffentlichung in elektronischer Form. Manche sprechen angesichts dieser Entwicklung von einem echten Epochenumbruch, vergleichbar mit dem Aufkommen des Buchdrucks. Im Abschnitt 7.4.5 wird noch näher darauf einzugehen sein.

Die Nutzung der verschiedenen Publikationsformen hat sich im Laufe der Geschichte geändert; auch bestehen charakteristische Unterschiede zwischen den Disziplinen. Heute überwiegt in den Naturwissenschaften der Artikel als Publikationsform. Zum Teil erscheinen über sehr dynamische Gebiete gar keine Monographien mehr – die meisten Forschungsergebnisse stammen ohnehin aus den letzten zehn Jahren. Anstelle von Monographien übernehmen Übersichtsartikel, so genannte *Reviews*, die Funktion der Synopse. In den nach Thomas S. Kuhn noch immer vorparadigmatischen Sozial- und Geisteswissenschaften dagegen hat sich die Monographie als vorherrschende Form gehalten. Nach einer Überlegung von Gernot Böhme und Wolfgang van den Daele werden Bücher von Artikeln als vorherrschende Publikationsform abgelöst, sobald sich ein Gebiet verfestigt hat und paradigmatisch geworden ist, um einen Ausdruck Kuhns zu gebrauchen. Dann sind kleine Beiträge möglich, die einen gesetzten Rahmen auffüllen, weil nicht jedes Mal das gesamte Gedankengebäude neu aufgeführt werden muss:

> Hier [in der vorparadigmatischen Phase eines Faches] habe jeder Wissenschaftler seine Wissenschaft neu begründen müssen. Deshalb sei das Buch gegenüber dem Aufsatz die herrschende Form der Publikation gewesen. Erst wenn mit der Durchsetzung einer Theorie als paradigmatischer Leistung die Fundamente

[12] Mikroform ist der Oberbegriff für Mikrofilme und -fiches.

eines Gebietes nicht immer wieder in Frage gestellt werden müßten, könne man seine wissenschaftlichen Resultate als einzelne Beiträge publizieren. Auch erst dann gebe es eine gesicherte Akkumulation von experimentellen Tatsachen.

G. Böhme und W. van den Daele (1977), *Erfahrung als Programm*, S. 186

Abgesehen vom Bedeutungswandel der verschiedenen Publikationsformen sind im Laufe der Zeit auch neue Charakteristika aufgetaucht, etwa die Zunahme von Mehrautorenschaften bei Zeitschriftenartikeln.

7.2 Bibliotheken

Niemand kann alle Literaturtexte, Bücher und Medien, die er im Laufe seines Lebens braucht, selbst erwerben oder sich alle benötigten Informationen selbstständig beschaffen. Zu diesem Zweck gibt es öffentlich zugängliche Bibliotheken.

Rupert Hacker (2000), *Bibliothekarisches Grundwissen*, S. 19

Aktive Wissenschaftler müssen sich über die Entwicklungen in ihrem Fach auf dem Laufenden halten, um neue Erkenntnisse in ihren eigenen Forschungen zu berücksichtigen. Alle relevanten Bücher und Journale selbst zu besitzen wäre für den einzelnen Forscher jedoch viel zu teuer. Daher haben Bibliotheken als Literaturpool für die lokale Forschergemeinde eine wichtige Funktion übernommen.
Das Wort *Bibliothek* stammt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie Schriftensammlung. Wie die ethymologische Wortwurzel andeutet, gab es bereits im Altertum Sammlungen von Schriften. Heute gibt es eine Vielzahl verschiedenster Bibliotheksarten – von der Privatbibliothek eines Gelehrten über Gemeinde- und Betriebsbüchereien bis hin zu den großen Nationalbibliotheken. Für die Wissenschaft spielen die Universitätsbibliotheken eine besondere Rolle, die deswegen im Folgenden pars pro toto ins Auge gefasst werden sollen.
Dem normalen Bibliotheksnutzer bleibt das komplexe Getriebe einer Großbibliothek im Allgemeinen verborgen. Deshalb soll im Folgenden auf die vier Hauptaufgaben in einer Bibliothek[13] kurz eingegangen werden:

- Bestandsaufbau durch Erwerbung,
- Bestandserschließung durch Katalogisierung,
- Bestandsaufbewahrung und -erhaltung,
- Bestandsvermittlung (Benutzungsdienste).

7.2.1 Bestandsaufbau

Für die Beschaffung neuer Literatur sind in größeren Bibliotheken die Fachreferenten zuständig. In Deutschland stehen den ca. 350 wissenschaftlichen Bibliotheken jährlich etwa 250 Mio. € Erwerbungsmittel zur Verfügung.[14] Angesichts der großen Zahl jährlicher Neuerscheinungen – etwa 850.000 Buchtitel und 180.000 Fachzeitschriften weltweit – ist Vollständigkeit für Bibliotheken zu einer Illusion geworden. In ihrem Erwerbungsprofil

[13] Die Darstellung folgt im Wesentlichen Rupert Hacker, *Bibliothekarisches Grundwissen*, 7. Auflage K. G. Saur München 2000.

[14] Aktuelle Angaben findet man unter http://www.bibliotheksstatistik.de.

müssen Bibliotheken daher berücksichtigen, welche Fachgebiete, Literaturarten, Publikationsformen und Sprachen für ihren Benutzerkreis besonders wichtig und daher beim Bestandsaufbau vorrangig sind.[15] Kaufentscheidungen fallen im Regelfall nach Sichtung der aktuellen Buchproduktion und einer Beurteilung anhand der bibliographischen Angaben, einer Rezension oder eines Ansichtsexemplars. Journale und Serien werden im Regelfall fortlaufend im Abonnement bezogen, in letzter Zeit zunehmend auch über Konsortialverträge zwischen Verlagen und einer Gruppe von Bibliotheken. Anschaffungsvorschläge kommen zudem zuweilen auch von Nutzern.
Zum Bestandsaufbau gehört im weiteren Sinne auch die Aussonderung. An wissenschaftlichen Bibliotheken wurden früher nur veraltete Mehrfachexemplare ausgesondert, verschlissene oder verschwundene Bücher wurden dagegen ersetzt, sofern eine Wiederbeschaffung möglich war. Der Grundsatz, Bücher und Journale zeitlich unbegrenzt aufzuheben, kann angesichts wachsender Raumnöte jedoch kaum noch aufrecht erhalten werden. Viele wissenschaftliche Bibliotheken sind daher dazu übergegangen, bestimmte Kategorien selten benutzer Literatur (z. B. alte Zeitschriften, Dissertationen, Gesetzestexte und Amtsschriften) auszusondern, sofern sie noch andernorts verfügbar sind.[16]

7.2.2 Bestandserschließung

Die Bestandserschließung ist für das Wiederauffinden der erworbenen Medien unerlässlich. Dafür werden Metadaten, z. B. Autor, Titel und Schlagworte, in Katalogen erfasst. Früher waren alphabetische Verfasser- und Sachkataloge verbreitet, so dass man über den Autor oder eine Hierarchie von Schlagworten Zugang zum Bestand hatte. Mittlerweile hat sich die Erfassung der Metadaten in elektronischen Datenbanken durchgesetzt, die einen hohen Suchkomfort bieten. Dadurch ist die Katalogrecherche sehr viel zeitsparender geworden, zumal viele OPACs mittlerweile auch via Internet verfügbar sind.
Zum Auffinden der Medien am Standort hat es sich bewährt, sie mit einer Signatur zu versehen. Je nach praktizierter Aufstellungsweise werden verschiedenste Signatursysteme benutzt. Aus der im Katalog vermerkten Signatur ergibt sich der Aufstellungsort in der Bibliothek.

7.2.3 Bestandsaufbewahrung

Printmedien machen nach wie vor den Großteil des Bibliotheksbestands aus. Sie sind im Regelfall in Regalen aufgestellt. Haben die Bibliotheksnutzer selbst Zugang zu den Regalen, spricht man von Freihand-Aufstellung, andernfalls von Magazin-Aufstellung. Häufig benutzte Literatur, z. B. Lehrbücher, Nachschlagewerke oder auch neuere Fachbücher und Zeitschriften, findet man meist im Freihandbereich, während ältere und selten benutzte Literatur im Magazin aufbewahrt wird.
Bei der Aufstellung in den Regalen muss die Größe der Druckwerke berücksichtigt werden.[17] Außerdem werden i. a. Handschriften, frühe bzw. seltene Druckwerke, Journale so-

[15] In Deutschland bestehen überregionale Erwerbungskooperationen, innerhalb derer bestimmte Schwerpunktbibliotheken Sondersammelgebiete anlegen und ihre Bestände den anderen Bibliotheken im auswärtigen Leihverkehr zur Verfügung stellen.

[16] Dies empfiehlt auch der Wissenschaftsrat in seinen *Empfehlungen zum Magazinbedarf wissenschaftlicher Bibliotheken*, Wissenschaftsrat Köln 1986, S. 32.

[17] Üblich ist die Unterscheidung in drei Größenklassen, die in der Signatur mit den Buchstaben A, B bzw. C kenntlich gemacht werden.

wie Übergrößen (Folianten) separat aufgestellt. Auch für die nur mit technischen Hilfsmitteln zugänglichen Medien (Mikrofiche, CD-ROM etc.) gibt es im Regelfall eigene Räume, die mit Aufbewahrungsschränken und Lesegeräten ausgestattet sind.

Bei der Aufstellung von Büchern können sehr verschiedene Ordnungsprinzipien zum Tragen kommen. Für die Bibliothek am einfachsten zu handhaben ist die fortlaufende Aufstellung nach Erwerbsdatum der Bücher. Da bei dieser Aufstellungsart die Bücher aber unter inhaltlichem Aspekt „wie Kraut und Rüben“ beieinander stehen, empfiehlt sie sich nur für Magazinbestände. Wesentlich nutzerfreundlicher ist die systematische Aufstellung, bei der Bücher nach inhaltlichen Gesichtspunkten bestimmten Sachgruppen zugewiesen und innerhalb dieser Sachgruppen z. B. alphabetisch (oder nach Erwerbsdatum) aufgestellt werden. Bei dieser Aufstellungsart finden Nutzer schnell sachlich verwandte Literatur. Nachteil für die Bibliothek ist jedoch, dass sie viele Lücken in den Regalen für spätere Einschübe lassen und viel sortieren muss.

Die aktuellen Ausgaben von Journalen findet man im Regelfall in eigens reservierten Zeitschriften-Lesesälen. Nach einiger Zeit werden die Hefte gebunden und für jede Zeitschrift chronologisch fortlaufend archiviert. Serienwerke (z. B. jährlich erscheinende Kongressberichte) werden entweder wie die Hefte einer Zeitschrift in zeitlicher Folge nebeneinander aufgestellt, oder sie werden in gleicher Weise wie Bücher (d. h. fortlaufend oder systematisch) aufgestellt.

7.2.4 Bestandsvermittlung

Bei Freihandaufstellung können die Nutzer die Bücher bzw. Medien selbst suchen, bei Magazinaufstellung muss dies durch die Bibliothekskräfte erfolgen. Unabhängig davon können die Bestände einer Bibliothek entweder für die Benutzung in den Räumen der Bibliothek (Präsensbestand) oder zur Ausleihe (Leihbestand) vorgesehen sein. Präsensbestände haben den Vorteil höherer Verfügbarkeit, allerdings bieten sie weniger Komfort, weil der Nutzer auf die Arbeit in den Räumen der Bibliothek während der Öffnungszeiten beschränkt ist. Deshalb gibt es viele Mischformen: Präsensbestände können oft übers Wochenende ausgeliehen werden, bei Mehrfachexemplaren wird eines dem Präsensbestand und die übrigen dem Leihbestand zugewiesen, oder stark nachgefragte Bücher werden zeitweise für den Leihverkehr gesperrt und in Semesterapparaten aufgestellt.

Ähnlich wie die Wissensproduktion in der Forschung einer doppelten Zielorientierung unterliegt,[18] so kann man auch bei der Wissensbewahrung in Bibliotheken ein Spannungsverhältnis zwischen einer extrinsischen Zielorientierung (auf Verfügbarkeit) und einer intrinsischen Zielorientierung (auf Bewahrung) feststellen: Zum einen halten Bibliotheken ihren Literaturbestand für eine lokale Nutzergemeinde verfügbar, zum anderen haben sie eine Archivfunktion. Je nach Bibliothekstyp haben die beiden Funktionen unterschiedliches Gewicht. Bei den für diese Arbeit als prototypisch anzusehenden Universitätsbibliotheken sind die beiden Aufgaben etwa gleich wichtig. An vielen alten Universitäten findet man daher ein duales Bibliotheksprinzip, um dem doppelten Anspruch nach Archivierung und Verfügbarkeit gerecht zu werden: Eine zentrale Magazinbibliothek mit Leihbeständen hat hauptsächlich Archivfunktion, während viele kleinen Institutsbibliotheken

[18] Vgl. die Erläuterung des Quadrantenmodells im Abschnitt 2.3.1, das in der Forschung eine intrinsische Zielorientierung auf Verständnis und eine extrinsische Zielorientierung auf Anwendung konstatiert.

mit Präsensbeständen in Freihand-Aufstellung die Verfügbarkeit der am häufigsten gebrauchten Literatur vor Ort sicherstellen.
Neben der Ortsleihe sind viele Bibliotheken auch an den auswärtigen Leihverkehr angeschlossen. Im Rahmen der Fernleihe können Bücher auch aus anderen Bibliotheken bestellt werden. Dies nimmt allerdings im Regelfall viel Zeit in Anspruch. Da Vollständigkeit in Bibliotheken zunehmend zur Illusion wird, haben sich in letzter Zeit spezielle Dokumentenlieferdienste insbesondere für Zeitschriftenartikel etabliert, in Deutschland z. B. SUBITO. Analog gibt es im Bereich der elektronischen Zeitschriften statt des Bezugs im Abonnement auch die Möglichkeit des *Pay-per-View* für einzelne Artikel.
In diesen Entwicklungen spiegelt sich ein allmählicher Wandel des Selbstverständnisses der Bibliotheken und Bibliothekare. Früher bemaß sich die Bedeutung einer Bibliothek primär am Umfang ihres Bestands. In letzter Zeit rückt die Kundenorientierung stärker in den Vordergrund, man versteht sich mehr als Dienstleister, der qualifiziert Zugang zu Informations- und Wissensquellen schafft – unabhängig davon, an welchem räumlichen Ort sich diese Quellen befinden.

7.2.5 Informationsdienste

Bibliotheken haben im Regelfall ihren eigenen Bestand vor Augen – welche Literatur darüber hinaus existiert, entzieht sich meist ihrer Kenntnis. Für Forscher hingegen ist es oft wichtig, in Erfahrung zu bringen, welche Literatur in einem bestimmten Feld insgesamt vorhanden ist. Auf die Befriedigung dieses Informationsbedarfs haben sich eigene Einrichtungen spezialisiert, in Deutschland sind hier vor allem die Fachinformationszentren zu nennen. Sie erfassen systematisch sämtliche Veröffentlichungen – auch graue Literatur, Forschungsberichte etc. – und stellen diese Metadaten (evtl. gegen Gebühr) zur Verfügung. Außerdem bieten sie weitere Dienstleistungen an, etwa das regelmäßige Informieren über Neuerscheinungen.
Besondere Bedeutung haben die Literaturdatenbanken und Informationsdienste des von Eugene Garfield (* 1925) gegründeten *Institutes for Scientific Information* in Philadelphia gewonnen. Der *Science Citation Index* (SCI) und der *Social Science Citation Index* (SSCI) erfassen die am häufigsten zitierten Zeitschriften weltweit und werten die Häufigkeit aus, mit der Artikel und Autoren in den letzten Jahren zitiert wurden. Da Zitationen ein guter Indikator für die erhaltene Aufmerksamkeit sind, spielen sie bei Evaluationen der Forschungsleistung von Wissenschaftlern und Forschungseinrichtungen eine wachsende Rolle.

7.3 Wissensbewertung

> Die Messung und Bewertung organisationalen Wissens gehört zu den größten Schwierigkeiten, die das Wissensmanagement heute zu bewältigen hat. [...] Nur wenn die Messung zentraler Größen des Wissensmanagementprozesses in Zukunft vereinfacht werden kann und höhere Akzeptanz erhält, kann der Managementkreislauf geschlossen und von echtem Wissensmanagement gesprochen werden.
>
> H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto (1998), *Wissensmanagement*, S. 32f.

Es genügt nicht, Wissen einfach zu bewahren, es muss auch einer Bewertung und Qualitätssicherung unterzogen werden. Das sind schwierige Aufgaben, die in der Praxis des

betrieblichen Wissensmanagements bisher kaum gelöst sind. Im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Wissensmanagement-Diskussion wird unter *Bewertung* vor allem die ökonomisch-bilanzielle Erfassung des „Wissenskapitals“ eines Unternehmens verstanden. Demgegenüber spielt Bewertung im Sinne von Qualitätssicherung des gespeicherten Wissens dort kaum eine Rolle, obgleich es im praktischen betrieblichen Wissensmanagement eine Reihe von Ansätzen dazu gibt. Beispielsweise erfassen EDV-gestützte Wissensmanagementsysteme die Nutzungshäufigkeit von Dokumenten und erbitten von den Nutzern Schulnoten für abgerufene Informationen, um so Bewahrenswertes von Unnützem zu trennen.

Die ökonomische Bewertung des Wissens, das von einem nationalen Wissenschaftssystem hervorgebracht wird, soll uns hier nicht interessieren, obgleich es auch hierzu einige Versuche gibt.[19] Versuche zur Ermittlung des Geldwertes wissenschaftlichen Wissen stellen die Wissenschaft unter ein ökonomisches Kosten-Nutzen-Kalkül, das gemäß der hier vertretenen sozialen Relevanz von Wissenschaft nicht adäquat sein kann. Denn ökonomische Bewertungen stellen die Wissenschaft unter externe Nutzenserwartungen, deren Formulierung aber nicht zuletzt vom erreichten Stand des Wissens abhängt: Die Einschätzung, welche Erkenntnis als wertvoll gilt, hängt selbst vom Wissensfortschritt ab! Gegenwärtig nutzlos erscheinendes Wissen kann durch Entdeckungen und Entwicklungen auf anderen Gebieten später unerwartet sehr interessant werden. Ökonomische Bewertungen des gegenwärtigen Wissens müssen daher immer einen vorläufigen und kontingenten Charakter haben.

Abgesehen von diesem grundsätzlichen Einwand gibt es auch große praktische Schwierigkeiten bei der ökonomischen Bewertung akademischen Wissens, u. a., weil sich die Nutzensdiskontierung aufgrund der großen und ex ante nur schwer abzuschätzenden Zeitspanne zwischen Erkenntnis und Anwendung kaum systematisch bestimmen lässt. Außerdem ist eine Bilanzierung auf nationaler Ebene höchst fragwürdig, da wissenschaftliches Wissen ein *inter*nationales öffentliches Gut darstellt, d. h., dritte Nationen können nicht von der Nutzung ausgeschlossen werden.

Statt dessen soll hier der Fokus auf Bewertung im Sinne von *Qualitätssicherung* gelegt werden.[20] Der Begriff „Qualitätssicherung“ hat seinen Ursprung in der industriellen Fer-

[19] Zur Legitimierung des Aufwands, der für die Wissenschaft getrieben wird, ist immer wieder das Argument vorgebracht worden, dass sich diese Investitionen früher oder später um ein Mehrfaches volkswirtschaftlich bezahlt machen. So heißt es bei BERNAL in einem 1964 geschriebenen Rückblick auf sein 1939 erschienenes Werk *The Social Function of Science*: „Die Forschung ist selbst zu einer Goldgrube geworden. Eine These, die ich in *The Social Function of Science* nachdrücklich betont hatte, die ungeheure Gewinnträchtigkeit naturwissenschaftlicher Forschung, ist heute überall anerkannt.“ (John D. Bernal, *Die soziale Funktion der Wissenschaft*, Pahl-Rugenstein Köln 1986, S. 1). Es gab tatsächlich einige Versuche, die Rhetorik empirisch zu untermauern und die *social rate of return from academic research* zu messen, so z. B. von Edwin Mansfield, *Academic Research and Industrial Innovation*, Research Policy **20** (1991), S. 1 - 12. Eine unter ökonomischer Blickrichtung erfolgte Zusammenstellung und Auswertung solcher Studien findet man bei Henning Klodt, *Effizienz der staatlichen Forschungsförderung: Ergebnisse empirischer Studien im Überblick*, unveröffentlichte Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Institut für Weltwirtschaft Kiel 1998.

[20] Dieses Thema wird seit einigen Jahren in der wissenschaftspolitischen Debatte verstärkt diskutiert, vgl. z. B. Detlef Müller-Böling [Hrsg.], *Qualitätssicherung in Hochschulen*, Bertelsmann Gütersloh 1995. Wenngleich älter, aber dank seiner grundsätzlichen Überlegungen noch immer lesenwert, ist der Abschnitt „Qualitätskontrolle in der Wissenschaft“ bei Jerome Ravetz, *Die Krise der Wissenschaft*, Luchterhand Neuwied 1973 (Original: *Scientific Knowledge and its Social Problems*, Oxford University Press 1971). Zitiert wird im Folgenden die deutsche Ausgabe.

tigung, wo er im Laufe der Zeit verschiedene Ausdeutungen erfahren hat: Traditionelle Qualitätskontrolle setzt am Ende des Produktionsprozesses als Filter an, indem fehlerhafte Produkte als Mangelware oder Ausschuss aussortiert werden. Vorausschauendes Qualitätsmanagement setzt dagegen bereits im Produktionsprozess oder dessen Planung an. Bezieht man auch die Zeitdimension und das Lernen aus früheren Fehlern mit ein, so kann man Qualitätsverbesserung als einen kontinuierlichen Lernprozess verstehen.
Alle drei Ausdeutungen von Qualitätssicherung findet man auch in der Wissenschaft: Die Begutachtung von Forschungsberichten, die zur Publikation eingereicht werden, und die Abschlussprüfungen von Graduierenden entsprechen der klassischen, *End-of-the-Pipe* ansetzenden Qualitätskontrolle. Die Begutachtung von Forschungsmittelanträgen oder die Berufungsverfahren für Professorenstellen hingegen sichern die Qualität bereits bei der Planung des Produktionsprozesses. Die dritte Lesart, die in der Industrie erst spät aufgekommene Auffassung von Qualitätssicherung als einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess, ist in der Wissenschaft schon von Beginn an implementiert gewesen: Da Wissenschaft im Unterschied zu einem Produktionsbetrieb nicht ein bestimmtes Produkt herstellt und dieses am Ende an Kunden verkauft, sondern die Produkte der Wissenschaft – Wissen, Fragen, Methoden, Manpower – als Ausgangsstoff für die weitere Produktion dienen, hat die Wissenschaft einen eigentümlich inzestuösen Charakter, worauf im Modellkapitel ja schon ausführlich hingewiesen wurde. Daher ist der Wissenschaft eine permanente Qualitätsprüfung des vorhandenen Wissensbestandes inhärent. KARL R. POPPER sah völlig zu Recht eine wichtige Aufgabe von wissenschaftlicher Forschung darin, das bereits vorhandene Wissen immer wieder einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Wissenschaftliche Aussagen sind keine Dogmen, sondern nur Vermutungen, deren Leistungskraft jederzeit wieder skeptisch geprüft werden kann.[21] In der Praxis ist es jedoch bei weitem nicht so, dass alles je Publizierte später noch einmal kritisch geprüft wird. Und selbst wenn Forscher Zweifel an einem bereits publizierten Ergebnis haben, machen sie dies nur in seltenen Fällen publik – bereits Veröffentlichtes genießt einen Vertrauensvorschuss.
Qualitätssicherung findet in der Wissenschaft also an den verschiedensten Stellen statt und betrifft so unterschiedliche Dinge wie Finanzierungsanträge für Projektvorschläge, Veröffentlichungsmanuskripte, Prüflinge und Stellenaspiranten sowie den in Bibliotheken vorhandenen Wissensstock. Unter der Überschrift *Wissensbewertung* soll uns hier aber in der Hauptsache nur die Qualitätssicherung des Hauptprodukts von Wissenschaft, des öffentlichen Wissens, interessieren. Dabei werden allerdings auch einige Fragen von allgemeinem Interesse für die wissenschaftliche Qualitätssicherung mitbehandelt.
Bisher war zwar schon mehrfach von Qualität die Rede, was darunter aber in der Wissenschaft zu verstehen sei, wurde noch nicht gesagt. Dieser Frage widmet sich der **Abschnitt 7.3.1**. Der nachfolgende **Abschnitt 7.3.2** beleuchtet das wesentliche Instrument wissenschaftlicher Qualitätssicherung, den *Peer Review*. Dieses Instrument findet Anwendung sowohl bei der Vergabe von Forschungsmittel, wie bereits in 5.1.2 beschrieben, als auch bei der Begutachtung von Publikationsmanuskripten, wie hier in **Abschnitt 7.3.3** erläutert. Dass auch der *Peer-Review*-Mechanismus keineswegs unfehlbar ist, davon zeugen die in letzter Zeit häufiger ans Licht der Öffentlichkeit tretenden Fälle massiven wissenschaftlichen Fehlverhaltens, auf die in **Abschnitt 7.3.4** eingegangen wird. Eine Ursa-

[21] Hier lässt sich eine Brücke von POPPERS wissenschaftstheoretischer Auffassung zu MERTONS wissenschaftssoziologischen Norm des *Organized Scepticism* schlagen, die ja nicht nur hinsichtlich vor- und außerwissenschaftlicher Überzeugungen gilt, sondern auch wissenschaftsintern.

che für die Zunahme von Betrugsfällen wird in dem wachsenden Effizienzdruck gesehen, der dank zunehmender Verbreitung von Forschungsindikatoren durch Wissenschaftsadministratoren ausgeübt werden kann. Welche Auswirkungen die bereits im Abschnitt 3.1.1 kurz vorgestellten Indikatoren haben können, wenn sie zur Leistungsbewertung von Wissenschaftlern und Forschungseinrichtungen herangezogen werden, diskutiert der abschließende **Abschnitt 7.3.5**.

7.3.1 Qualitätsmerkmale

> Qualität ist das, was Wissenschaftler dafür halten.
> Peter Weingart, zitiert nach Altner (1995), S. 49

In einer Reihe von Studien wurde versucht, die von Gutachtern für essentiell erachteten Gütekriterien für zu veröffentlichende Manuskripte[22] und für Forschungsförderanträge[23] zu ermitteln. Dafür wurden praktizierende Wissenschaftler entweder nach den von ihnen für wichtig erachteten Begutachtungskriterien gefragt, oder sie wurden gebeten, anhand einer Liste vorgegebener Kriterien zu entscheiden, wie wichtig diese ihres Erachtens nach seien. Die verschiedenen Kriterien lassen sich in die drei Hauptdimensionen *Adäquatheit*, *Relevanz* und *Eleganz* einteilen.[24]
Adäquatheit bezieht sich auf die Angemessenheit der tatsächlichen oder geplanten Ausführung des Forschungsvorhabens. Die theoretische, empirische und praktische Angemessenheit können geprüft werden anhand von Fragen wie:

- Ist die geplante/eingesetzte Methode der Fragestellung angemessen?
- Ist das ausführende Personal hinreichend qualifiziert und vorgebildet?
- Sind die notwendigen Geräte vorhanden?
- Ist das Vorgehen zeitlich und sachlich angemessen?
- Ist die Fragestellung sinnvoll begrenzt?
- Wurde der Stand der Literatur berücksichtigt?

Die Beurteilung der Relevanz kann hinsichtlich der drei schon im Abschnitt 4.1 eingeführten Positionen erfolgen. Eine Einschätzung der *axiomatischen Relevanz* orientiert sich an Fragen wie: Liegen Fragestellung und Resultate an der Forschungsfront? Wird das Projekt als Desiderat der Forschung empfunden? Ist der Beitrag originell? Für die *technologische Relevanz* dagegen sind entscheidend: Gibt es Anwendungsmöglichkeiten der Resultate in der Wirtschaft? Welches technische Problem lässt sich damit lösen? Lassen sich die Ergebnisse ökonomisch verwerten? Für die Beurteilung der spezifisch *sozialen Relevanz* sind

[22] Beispielsweise St. Gottfredson, *Evaluating Psychological Research Reports. Dimensions, Reliability and Correlates of Quality Judgements*, American Psychologist **33** (1978), S. 920-934; J. M. Chase, *Normative Criteria for Scientific Publication*, The American Sociologist **5** (1970), S. 262-265.

[23] Beispielsweise Ilse Hartmann, *Begutachtung in der Forschungsförderung*, Dissertation Universität Köln 1989; Lukas Meierhofer, *Projektselektion in der Forschungsförderung*, Dissertation Universität Basel 1983; *Qualitätsmerkmale sozialwissenschaftlicher Forschung*, Institut für angewandte Sozialwissenschaft (INFAS) Bonn 1988.

[24] Manche Autoren sprechen auch nur von zwei Dimensionen und schlagen die Eleganz der Adäquatheit zu. RAVETZ spricht beispielsweise von „adequacy“ (Adäquatheit) und „value“ (Wert), vgl. Jerome Ravetz, *Die Krise der Wissenschaft*, Luchterhand Neuwied 1973, S. 314.

Kriterien einschlägig wie: Hat die Untersuchung Konsequenzen für unser Weltbild? Trägt sie zur Lösung eines gesellschaftlichen Problems bei?
Hinzu kommen als dritte Qualitätsdimension die *Eleganz*, die sich auf die Form der Darstellung bezieht: Logische Klarheit, ggf. mathematische Präzision und stilistische Eleganz. Während die Qualitätsdimension der Adäquatheit auf die generellen Wissensziele bezogen ist, entspricht die zweite Dimension in der hier verwendeten Sprechweise dem Beitrag zu den relevanzspezifischen Wissenszielen. Aufgrund der Modellüberlegungen zur Quadrantenspezifität der Wissenziele verwundert es nicht, dass empirische Studien zum dem Ergebnis kommen, dass die Gewichtigung der verschiedenen Qualitätsfaktoren von Fach zu Fach variiert.[25]

7.3.2 Peer Review

> Das Peer-Review-System hat die Funktion, Vertrauen zu erzeugen, und zwar nach ‚innen' das Vertrauen in die Verläßlichkeit und Wechselseitigkeit der wissenschaftlichen Kommunikation zur Sicherung ihrer Offenheit; und nach ‚außen', gegenüber der Öffentlichkeit, Vertrauen in die Verläßlichkeit des produzierten Wissens, um die Ressourcen für die Forschung zu legitimieren.
>
> Peter Weingart (2001), *Die Stunde der Wahrheit?*, S. 287

Die Qualitätsprüfung erfolgt in der Wissenschaft ebenso wie bei anderen Professionen – etwa Ärzten und Anwälten – durch selbst praktizierende und sachkompetente Fachkollegen. In der Wissenschaft hat sich dafür die Bezeichnung *Peer Review* eingebürgert. Ursprünglich beim Aufkommen der Journale erfunden, um eingereichte Manuskripte auf ihre Publikationswürdigkeit zu prüfen, wurde dieses Instrument später auch auf die Prüfung von Forschungsmittelanträgen und die Legitimierung von wissenschaftlich fundierten Politikempfehlungen ausgedehnt.[26] Die jeweilige Ausgestaltung ist in den Abschnitten 4.5.1, 5.1.2 bzw. 7.3.3 näher beschrieben.
Nach allgemein akzeptierter Ansicht ist Begutachung durch Fachkollegen die einzige Möglichkeit, Adäquatheit sowie Eleganz und fachbezogene Relevanz von wissenschaftlichen Arbeiten zu prüfen. Außenstehende oder hauptberufliche Qualitätsprüfer, wie etwa in der industriellen Produktion üblich, sind hierzu nicht in der Lage.[27] Hinsichtlich der Beurteilung der Relevanz für extrawissenschaftliche Problemstellungen sind jedoch Zweifel erlaubt, ob Wissenschaftler hier mehr beizutragen haben als informierte Vorurteile kluger Laien.
Obwohl *Peer Review* weithin für unverzichtbar gehalten wird, ist das Instrument dennoch ins Gerede gekommen. Im politischen Raum wird moniert, dass die Beteiligung von Expertenkomitees bei der Prioritätensetzung für die staatliche Forschungsförderung unweigerlich zur Selbstbedienung der führenden Experten führe, und dass dadurch Regionen mit hervorragenden Forschungseinrichtungen gegenüber anderen Regionen bei der Verteilung staatlicher Forschungsgelder systematisch bevorzugt würden.[28]

[25] Vgl. Hartmann (1989), S. 55.
[26] Vgl. Weingart (2001), S. 285.
[27] Zur Begründung vgl. Ravetz (1971), S. 314ff. Dort heißt es unter anderem auf S. 315: „Aufgrund dieser Besonderheiten der Wissenschaften kann eine wirklich kompetente Beurteilung der Qualität einer Arbeit nur von einer Gruppe von Personen vorgenommen werden, die selbst derartige Arbeiten ausführen. In dieser Hinsicht ist die Wissenschaft nicht einzig dastehend; auch bei den Intelligenzberufen liegt die Beurteilung der Arbeit – sowohl der besten wie der schlechtesten – in den Händen der Gemeinschaft, die den betreffenden Beruf ausübt."
[28] Letztes wurde vor allem in den USA thematisiert, wo sich die angesehenen Wissenschaftseinrichtungen in wenigen Bundesstaaten konzentrieren.

Man mag diese Einwände aus der Politik als irrelevant abtun. Umso ernster muss man aber die in der Wissenschaft selbst geäußerten Zweifel an der Wirksamkeit des *Peer Review* genommen werden. So heißt es bei WEINGART unter Bezug auf den US-amerikanischen Materialwissenschaftler ROY:[29]

Auch aus den Reihen der Wissenschaftler selbst wird Kritik am Peer-Review-System geübt. So wird bestritten, daß sich die beste Forschung auf der Grundlage von Projektplänen bestimmen läßt. Es wird auf die Zeitverschwendung verwiesen, angesichts des Umstands, daß Wissenschaftler bis zur Hälfte ihrer Arbeitszeit auf die Einwerbung von Mitteln (mit unsicherem Ausgang!) verwenden müssen, anstatt diese Zeit für die Forschung zu verwenden. Das System wird für innovationsfeindlich erachtet, weil es zeitlich zu schwerfällig ist, radikale Ideen sehr kritisch betrachtet werden und gute Wissenschaftler ihre Ideen nur ungern preisgeben. Des weiteren unterstellt es, psychologisch naiv, nicht erwartbare Verhaltensweisen und fördert Unehrlichkeit. Es gibt keine Vorkehrungen gegen Interessenkonflikte, so daß Wissenschaftler die Arbeiten ihrer Konkurrenten beurteilen müssen.

Peter Weingart (2001), *Die Stunde der Wahrheit?*, S. 290

Auf einige der genannten Schwächen, etwa die tendenzielle Innovationsfeindlichkeit[30] des *Peer Review*, ist bereits in Abschnitt 5.2.1 eingegangen worden. Zweifel an der Wirksamkeit des *Peer Review* haben aber vor allem Untersuchungen[31] geschürt, die belegen, dass die Übereinstimmung zwischen verschiedenen Gutachtern nicht sehr ausgeprägt ist. Gottfredson (1978), S. 928, schreibt dazu: „Interjudge agreement, however, is relativ modest.“ W. A. Scott (1974), S. 701, kommentiert das Ergebnis seiner Analysen der Gutachterübereinstimmung als „significantely above chance, though far from substantial“. Im COSPUP-Experiment von Cole et al.[32] zeigte sich, dass Gutachter sich offensichtlich eher einig über schlechte als über gute Forschungsmittelanträge waren, d. h., ihre Beurteilungskriterien setzten nach „unten“ eindeutigere Standards als nach „oben“.[33] Cole et al. zogen aus ihren Ergebnissen folgenden Schluss:

The fate of the particular grant application is roughly half determined by the characteristics of the proposal and the principal investigator, and about half by apparently random elements which might be characterized as the ‚luck of the reviewer draw‘.

St. Cole, J. Cole und G. Simon (1981), *Chance and Consensus in Peer Review*, S. 885

[29] R. Roy, *Funding Science: The Real Defects of Peer Review and An Alternative To It*, Science Technology & Human Values **10** (1985) No 3, S. 73 - 81.

[30] So heißt es bei John Ziman, *Prometheus Bound*, Cambridge University Press 1994, auf S. 254: „Peer review procedures tend to be unfavorable to genuine scientific originality. It is often remarked, for example, that neather Darwin nor Einstein would have received alpha gradings for their unconventional research plans.“

[31] Beispielsweise H. Marsh und S. Ball, *Interjudgemental Reliabilty of Reviews for the Journal of Educational Psychology*, Journal of Educational Psychology **73** (1981) No 6, S. 872 - 880; St. Gottfredson, *Evaluating Psychological Research Reports. Dimensions, Reliability and Correlates of Quality Judgements*, American Psychologist **33** (1978), S. 920 - 934; W. A. Scott, *Interreferee Agreement on some Characteristics of Manuscripts Submitted to the Journal of Personality and Social Psychology*, American Psychologist **29** (1974), S. 689 - 702; H. Zuckermann und R. K. Merton, *Institutionalisierte Bewertungsstrukturen in der Wissenschaft*, in: Robert K. Merton, *Entwicklung und Wandel von Forschungsinteressen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1985, S. 172 - 216.

[32] St. Cole, J. Cole und G. Simon, *Chance and Consensus in Peer Review*, Science **214** (1981), S. 881 - 886.

[33] Vgl. auch Hartmann (1989), S. 71, und D. V. Cichetti, *The Reliability of Peer Review for Manuscript and Grant Submissions. A Cross-Disciplinary Analysis*, Behavioral and Brain Sciences **14** (1991) S. 119 - 135.

7.3.3 Qualitätssicherung beim Publizieren

> Es gibt [...] eine informelle Rangordnung des Prestiges der Zeitschriften für ein bestimmtes Forschungsgebiet; und wenn auch eine solche Liste niemals veröffentlicht wird, so stellt sie doch ein sehr wirksames Mittel der Kontrolle über Herausgeber, Begutachter und auch die Autoren selbst dar.
>
> Jerome Ravetz (1971), *Die Krise der Wissenschaft*, S. 232

Die Qualitätssicherung beim Publizieren setzt ebenso wie die klassische Qualitätskontrolle in der Industrieproduktion *End-of-the-Pipe* an: Eingereichte Manuskripte mit Forschungsergebnissen werden auf ihre Publikationswürdigkeit geprüft und ggf. zurückgewiesen. Bei Qualifzierungsarbeiten erfolgt die Prüfung durch die Betreuer bzw. eine wissenschaftliche Kommission der jeweiligen Institution. Möchte man als Wissenschaftler eine Monographie bei einem anerkannten Verlag in einer angesehenen Reihe unterbringen, so muss das Werk den Verleger und den Beraterkreis seiner Reihe überzeugen. Am aufwendigsten ist das Begutachtungsverfahren bei Journalen, wie schon im Abschnitt 6.1.3 beschrieben. Die wenigsten Manuskripte werden sofort akzeptiert, sondern die *Referees* weisen in ihren *Reports* auf unberücksichtigte Literatur, logische Fehler und argumentative Schwächen hin und verlangen Nachbesserung. Durch diesen *Peer Review* soll die Einhaltung wissenschaftlicher Normen und Standards kontrolliert, auf bessere Artikel hingewirkt und Doppelpublikation von schon Bekanntem vermieden werden.
Neben den referierten Zeitschriften gibt es auch noch eine große Zahl von nichtbegutachteten Journalen, z. B. institutseigene Mitteilungsblätter. Sie sind aber nicht so angesehen und werden seltener gelesen.[34] Denn bei Artikeln in referierten Zeitschriften kann man eher davon ausgehen, dass sie fachlich korrekt sind und substanzielle Beiträge enthalten. Diese Möglichkeit, auf das Urteil Dritter vertrauen zu können, spart Wissenschaftlern viel Arbeit – man kann seine knappe Lesezeit auf die vermutlich wichtigen Artikel konzentrieren und muss nicht alles selbst nachprüfen. Vertrauen schafft die Möglichkeit zu selektiver Wahrnehmung.
Um eine entsprechende Sichtbarkeit und Resonanz in der Fachgemeinschaft zu erzielen, wird der einzelne Forscher daher stets bemüht sein, seine Artikel in möglichst angesehenen Zeitschriften unterzubringen. Die Herausgeber von Zeitschriften sind ihrerseits darauf bedacht, den guten Ruf ihres Journals nicht durch Abdruck minderwertiger Artikel zu gefährden. Während zu der Zeit, aus der das Eingangszitat von Jerome Ravetz stammt, die Prestigeordnung der Zeitschriften eine rein informelle Angelegenheit war, steht mit dem *Journal Impact Factor* mittlerweile ein quantitatives Maß dafür zur Verfügung – mehr dazu im Abschnitt 7.3.5.

Nüchtern betrachtet ist dennoch festzustellen, dass trotz Begutachtung oft kein Verlass auf gedruckte Artikel ist. So ist keiner der spektakulären Betrugsfälle, die im Abschnitt 7.3.4 analysiert werden, beim *Peer Review* vor der Drucklegung aufgefallen. Eher scheint es andersherum zu sein, dass die Begutachtung vor Drucklegung Anreize zu wissenschaftlichem Fehlverhalten bietet. Sie birgt beispielsweise die Gefahr des Ideendiebstahls in sich. Die Begutachtung erfolgt ja durch Fachkollegen, mit denen man im Wettbewerb steht. Gutachter können ihre Stellung ausnutzen, indem sie den eingereichten Artikel unbegründet

[34] Nach den Erfahrungen des *Institutes for Scientific Information* enthält ein kleiner Kreis hochangesehener Journale den Löwenanteil des Materials, das häufig zitiert wird. Vgl. Eugene Garfield, *Citation Indexing*, Wiley New York 1979, insbesondere S. 21ff.

negativ beurteilen und so seine Publikation zumindest verzögern. Dadurch können sie einen Zeitgewinn erzielen, z. B. um vor ihren Konkurrenten wesentliche Resultate zu publizieren. Da die *Referee Reports* anonym sind, muss der Gutachter keine Konsequenzen befürchten. Das gegenwärtige Begutachtungssystem ist zu intrasparent, um solche Fälle aufzudecken. Die Auswahl der *Referees* geschieht im Verborgenen durch die Herausgeber. Da die Gutachter und ihre Einschätzungen selbst nicht beurteilt werden, stellt sich die Frage: *Who judges the judges?*
Vielleicht können einige Ideen, die Tausch- und Informationsbörsen im Internet wie z. B. dooyoo[35] abgeschaut sind, Anregungen für Verbesserungen liefern. Der Grundgedanke besteht darin, die Bewertung statt *vor* erst *nach* Veröffentlichung durchzuführen und die Beurteilungen öffentlich zu machen. Dieses Vorgehen hätte den Vorteil, das man am Artikel selbst ablesen könnte, wie relevant er ist, wie oft er gelesen und wie er von seinen Lesern früher und in neuerer Zeit beurteilt wurde. Würden auch Hinweise auf spätere, thematisch verwandte Arbeiten angebracht, dann ließe sich im Gegensatz zur heutigen Praxis sehr einfach herausfinden, welche Konsequenzen neuere Arbeiten für die Validität eines Artikels haben. Denn ältere Arbeiten sind oft veraltet, ohne dass man ihnen die Schwachstellen als Nichtexperte ansieht.
Durch solche nachträglichen Marker ließe sich der im Abschnitt 2.1.1 für wissenschaftliches Wissen erhobenen Forderung nach Kohärenz ganz wesentlich entgegen kommen. Hinweise auf wichtige Gegenargumente oder andere relevante Literatur ließen sich auch nachträglich noch anbringen, außerdem könnten aktualisierbare Metainformationen zum Status (widerlegte Vermutung, Verfahrensbeschreibung, offene Forschungsfragen, bestätigtes Faktenmaterial etc.) die Orientierung erleichtern.
Fände die Begutachtung *nach* statt *vor* der Veröffentlichung statt, dann verschwänden auch zwei andere gravierende Probleme: Die schon mehrfach erwähnte Innovationsfeindlichkeit des *Peer Review* könnte so nicht mehr dazu führen, dass außergewöhnliche Artikel am Erscheinen gehindert werden.[36] Außerdem würde die erhebliche Zeitverzögerung zwischen Einsenden eines Manuskripts und der Drucklegung entfallen. Der Prozess dauert mit durchschnittlich mehreren Monaten deutlich zu lange. Da nur die Erstpublikation eines Resultats wissenschaftlich zählt, haben Alternativen wie Preprint-Server, auf denen Manuskripte vor Drucklegung zugänglich sind, heute starken Zulauf.

Bei den neu aufkommenden elektronischen Journalen ließe sich die Bewertung ex post relativ einfach realisieren, wie im Anhang C demonstriert. Bei Printjournalen hingegen wird sich die Praxis nicht ändern lassen, da die Begutachtung vor Drucklegung hier eine notwendige Selektionsfunktion hat, denn bei den guten Zeitschriften werden deutlich mehr Manuskripte eingereicht als gedruckt werden können.

Diese Betrachtungen lassen es fraglich erscheinen, ob der *Peer Review* in der jetzigen Form zur Qualitätssicherung des veröffentlichten Wissens ausreicht. Wie die beiden fol-

[35] Bei der Informationsbörse http://www.dooyoo.de kann jeder registrierte Teilnehmer Kritiken und Empfehlungen zu Filmen, Büchern etc. abgeben, die von anderen auf ihre Nützlichkeit hin bewertet werden. Je höher die Bewertungen, desto prominenter wird der Beitrag angezeigt. Wer als besonders gut qualifizierte Beiträge eingestellt hat, dessen Urteil gilt auch bei der Beurteilung anderer viel. Wie die Erfahrung zeigt, stellt der Wettbewerb um die Gunst der anderen einen wichtigen Anreiz zur kontinuierlichen Teilnahme dar.

[36] So lehnte beispielsweise die führende naturwissenschaftliche Zeitschrift *Nature* es ab, die Nachricht von der Entdeckung des Zitronensäurezyklus zu veröffentlichen, die HANS KREBS später den Nobelpreis einbrachte. Vgl. Siegfried Bär, *Forschen auf Deutsch*, Deutsch Frankfurt/Main 1992, S. 25.

genden Abschnitte zeigen, kommen durch wissenschaftliches Fehlverhalten und den zunehmenden Gebrauch quantitativer Bewertungsindikatoren neue Herausforderungen auf die Qualitätssicherung zu.

7.3.4 Wissenschaftliches Fehlverhalten

> Im Vergleich mit den Gepflogenheiten der Industrieproduktion, wo eine ausgebaute Organisation für die Qualitätskontrolle erforderlich ist, oder selbst der Intelligenzberufe, die üblicherweise irgendwelche Ehrengerichte oder Kommissionen des Standes haben, um über bestimmte Arten von schlechter Arbeit zu urteilen und sie zu bestrafen, scheint die Lage in der Wissenschaft nahezu utopisch zu sein. Man könnte versucht sein, diesen glücklichen Zustand aus einer moralischen Überlegenheit der Wissenschaftler zu erklären, die als ein Ergebnis von Selektion und Unterweisung entsteht oder vielleicht sogar auf Grund der Wichtigkeit der Arbeit. Tatsächlich machte die für die akademische Periode charakteristische idealisierende Propaganda für die Wissenschaft keine Bemühungen, diesen Eindruck zu zerstreuen. Heutzutage wissen wir aber, daß die Wissenschaftler schließlich auch nur Menschen sind; wir sind uns des Problems der 'sinnlosen Veröffentlichung' bewußt, das man treffender als unsolide Wissenschaft bezeichnen kann. Es ist also eine offene Frage, ob die überkommenen Mechanismen der Qualitätskontrolle unter den Bedingungen der Gegenwart und der näheren Zukunft noch wirksam sind.
>
> Jerome R. Ravetz (1973), *Die Krise der Wissenschaft*, S. 313

RAVETZ hat es richtig vorausgeahnt, dass die Diskussionen um die Qualitätssicherung in der Wissenschaft aufgrund offenkundiger Mängel zunehmen werden. Neben den bereits oben diskutierten Schwächen des *Peer Review* haben in den letzten Jahren vor allem spektakuläre Betrugsfälle in der Wissenschaft die Aufmerksamkeit auf sich gezogen und eine Diskussion über die Qualitätssicherung in der Wissenschaft losgetreten.[37]
Qualitätssicherung muss sich zunehmend auch damit beschäftigen, wie Verstößen gegen wissenschaftliche Normen kurativ begegnet und prophylaktisch vorgebeugt werden kann. Die gängigen Kategorien wissenschaftlichen Fehlverhaltens seien deshalb in ihren graduellen Abstufungen kurz erklärt:
Datenmanipulationen beginnen beim absichtsvollen Weglassen von Messergebnissen, die mit den vertretenen Hypothesen unvereinbar sind, und gehen über die Stilisierung von Resultaten bis hin zum freien Erfinden von Daten und Experimentieranordnungen. Mit *Plagiat* ist das ungekennzeichnete Übernehmen von Ergebnissen Dritter gemeint, sei es aus Publikationen oder – subtiler – aus zur Begutachtung eingereichten Manuskripten oder Fördermittelanträgen. Das *Ausnutzen von Machtstellungen* fängt bei Institutsleitern an, die bei allen an ihrem Institut entstehenden Publikationen – unabhängig von ihrer eigenen Beteiligung – eine Ehrenautorschaft verlangen, und geht bis hin zu Gutachtern, die Forschungsmittelanträge oder Manuskripte von Konkurrenten absichtsvoll negativ beurteilen, um sich Konkurrenz für eigene verwandte Forschungen vom Hals zu halten. Auch strafrechtlich relevant wird es, wenn Stellen, Mittel, Graduierungen etc. mit gefälschten oder plagiierten Resultaten oder Angaben *erschlichen* werden.

Es ist immer wieder betont worden, dass Fehlverhalten in der Wissenschaft im Vergleich zu anderen Berufen vergleichsweise selten auftritt, obgleich es näher besehen durchaus

[37] Die seit den 80er Jahren hitzig geführte Debatte um wissenschaftliches Fehlverhalten in den USA ist aufbereitet in Marcel Lafollette, *Stealing into Print. Fraud, Plagiarism, and Misconduct in Scientific Publishing*, University of California Press Berkeley 1992. Ein Zeugnis der deutschen Debatte um die spektakulären Betrugsfälle aus den 90er Jahren ist das Buch von Marco Finetti und Armin Himmelrath, *Der Sündenfall. Betrug und Fälschung in der deutschen Wissenschaft*, Raabe Stuttgart 1999.

eine lange Liste historischer Fälle gibt. Gravierende Fälle, wie etwa die gefälschten Untersuchungen von CYRIL BURT an eineiigen Zwillingen zur Erblichkeit von Intelligenz oder jüngst die manipulierten Veröffentlichungen der deutschen Krebsforscher HERRMANN und BRACH, haben die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit erregt, aber selbst Berühmtheiten wie PTOLEMÄUS, GALILEI, NEWTON, MENDEL, HAECKEL oder EINSTEIN lassen sich zweifelhafte Praktiken nachweisen.[38]

Als Grund für die relative Seltenheit von Betrug und Fälschungen wird häufig ins Feld geführt, dass diejenigen, die sich der Wissenschaft verschrieben, eine überdurchschnittliche moralische Integrität besäßen und jegliches Fehlverhalten rigoros ächteten, wenn es aufgedeckt würde. Angesichts der jüngsten Betrugsfälle halten viele Beobachter diese These jedoch für kaum noch überzeugend.[39] Wirksamer mag der Abschreckungseffekt sein: In den Naturwissenschaften fallen Datenfälschungen früher oder später bei Nachprüfungen durch Fachkollegen auf, die unweigerlich einsetzen, sofern es sich um relevante Messergebnisse handelt.[40] Analog gilt für die Sozial- und Geisteswissenschaften, dass Plagiat von publizierten Schriften immer einem hohen Entdeckungsrisiko ausgesetzt ist und daher wenig rational ist. In der Tat schwerer nachzuweisen und daher vermutlich weiter verbreitet ist das Ausnutzen von Machtpositionen – ein Vorwurf, der dem *Peer-Review*-System immer wieder gemacht worden ist.

Obgleich Betrug und Fälschung in der Wissenschaft nach wie vor seltene Phänomene sind, scheint es aber eine Tendenz zur Zunahme der Vorfälle zu geben. Zumindest sind seit einigen Jahrzehnten in den USA und seit Ende der 90er Jahre auch in Deutschland zunehmend spektakuläre Fälle bekannt geworden. Eine Ursache für diese Tendenz wird im zunehmenden Konkurrenzdruck gesehen. Der Übergang in den *Steady State* bedeutet eine zunehmende Konkurrenz um Professorenstellen und Mittel, *Up or Out* und *Apply or Die* heißen die Devisen. Bei Berufungen und Mittelbewilligungen spielen zunehmend plumpe quantitative Indikatoren wie die Anzahl der Veröffentlichungen eine Rolle. Im harmloseren Fall führt dies zur Praxis der *Least Publishable Units*, zu Ehrenautorschaften und zum „Verknechten“ des wissenschaftlichen Nachwuchses. Im schlimmeren Fall regt es zu Fälschungen und Betrug an, um sich die Kärnerarbeit eigener Forschungsanstrengungen zu erleichtern.

In der Wissenschaft herrscht eine *Winner-Takes-It-All*-Mentalität: Nur wer als Erster ein Resultat publiziert, dem wird Ruhm und Ehre zuteil. Silber- und Bronzemedaillen werden in der Wissenschaft nicht vergeben. In hochkompetetiven Wissenschaftszweigen wie etwa den Biowissenschaften kann dies dazu animieren, jeden Strohhalm zu nutzen, der einen Zeitvorteil vor Konkurrenten verspricht, eventuell auch unlautere wie das Ausnutzen von Gutachterstellungen. Die von Jahr zu Jahr wachsende Unübersichtlichkeit der Forschung mag außerdem die Entdeckung von Fehlverhalten unwahrscheinlicher erscheinen lassen.

Abgesehen von betrügerisch erschlichenen Positionen und Mitteln sind die meisten Vergehen nicht justitiabel. Außerdem gestaltet sich die notwendige juristische Beweisführung meist ungemein schwierig. Daher sind juristische Nachspiele zu wissenschaftlichem Fehl-

[38] Vgl. Frederico DiTrocchio, *Der große Schwindel. Betrug und Fälschung in der Wissenschaft*, Campus Frankfurt/Main 1994.

[39] So z. B. MARCO FINETTI in *Der Sündenfall*, Raabe Stuttgart 1999, S. 24.

[40] So ist es z. B. im spektakulären Fall der Kalten Kernfusion oder bei JAN HENDRIK SCHÖN gewesen.

verhalten sehr selten.[41] Trotzdem kann man die Augen vor dem Problem wissenschaftlichen Fehlverhaltens nicht mehr verschließen. Plagiat und Ausnutzen von Machtstellungen sind vor allem für die Betrogenen bedauerlich. Datenmanipulationen greifen jedoch auch die Qualität des Wissens an und sind daher aus einer Perspektive des Management des wissenschaftlichen Wissens besonders relevant. Ebenfalls problematisch aus Sicht des Wissensmanagements sind die Tendenzen zu *Publish or Perish* und *Least Publishable Units*, denen entweder kurativ oder prophylaktisch begegnet werden muss, will man eine Qualitätsverschlechterung vermeiden. Bislang wurde dabei meist auf die innerwissenschaftlichen Selbstheilungskräfte gesetzt. Einige Forschungsorganisationen haben in jüngerer Zeit Ehrenkodices[42] festgelegt, die z. B. das Einsetzen wissenschaftlich Untersuchungskommissionen bei Bekanntwerden von Verdachtsfällen und ggf. Sanktionen wie Abmahnungen oder sogar Entzug von Lehr- und Forschungserlaubnis bei Bestätigung des Verdachts regeln. Viele Forschungsförderer haben die Vorschriften für Gutachter und Antragsteller verschärft, z. B. dahingehend, Originaldaten eine angemessene Frist aufbewahren zu müssen, um auch später noch einen eventuellen Fälschungsverdacht prüfen zu können.
Da aber immer wieder Betrugsfälle bekannt werden, darf bezweifelt werden, dass diese vor allem kurativ orientierten Maßnahmen ausreichen, um wissenschaftliches Fehlverhalten zu verhüten. Wie die Vergangenheit gezeigt hat, wird wissenschaftliches Fehlverhalten nur selten rechtzeitig durch *Peer Review* vor dem Publizieren entdeckt, sondern meist erst nach längerer Zeit durch Hinweise aus dem engeren Arbeitsumfeld aufgedeckt. Der *Peer Review* als klassisches Instrument der wissenschaftlichen Qualitätssicherung scheint überfordert. Und die zum Zwecke der Qualitäts- und Effizienzsicherung zunehmend durchgeführten Evaluationen von Wissenschaftlern und Forschungseinrichtungen verstärken die Anreize, Masse statt Klasse zu produzieren und sich das Leben durch Fehlverhalten kurzfristig zu erleichtern.
Es scheint, als triebe man den Teufel mit dem Belzebub aus: Der zunehmende Effizienzdruck verschlechtert schleichend die Qualität! Zu welchen Fehlsteuerungen es bei der Implementierung von Effizienzmaßnahmen kommen kann, die auf quantitativen Indikatoren beruhen, zeigt der nächste Abschnitt.

7.3.5 Qualitäts- und Effizienzmessung durch quantitative Indikatoren

> Was man nicht messen kann, das kann man nicht managen!
> Anonyme Managementweisheit, zitiert nach Probst (1997), S. 317

Seit der Etablierung der quantitativen Wissenschaftsforschung *(Scientometrics)* in den 60er Jahren wird die Wissenschaft immer genauer vermessen. Besondere Prominenz hat dabei das von Eugene Garfield (* 1925) begründete *Institute for Scientific Information* (ISI) und der dort erstellte *Science Citation Index* (SCI) erlangt. Das ist eine fachübergreifende Sammlung bibliographischer Daten aus Fachzeitschriften, die vom ISI in gedruckter und elektronischer Form angeboten wird. Das Besondere am SCI ist, dass neben den bibliographischen Daten (Titel, Autor etc.) und einer kurzen Inhaltsangabe auch

[41] Ravetz (1971), S. 321, beschreibt daher die Situation in der Wissenschaft im Vergleich zu anderen gesellschaftlichen Bereichen als „nahezu perfekte glückliche Anarchie“.

[42] In Deutschland hat z. B. die DFG *Vorschläge zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Empfehlungen der Kommission 'Selbstkontrolle in der Wissenschaft'*, Wiley-VCH Weinheim 1998 als Reaktion auf die öffentlich diskutierten Betrugsfälle herausgegeben.

sämtliche Literaturverweise erfasst werden. Dadurch ist es z. B. möglich, alle Veröffentlichungen zu finden, die eine bestimmte Publikation zitieren. Zur Erstellung des SCI wird ein Kernsatz von derzeit 5.300 Journalen ausgewertet – das sind jährlich ca. 650.000 Artikel und 12 Mio. Zitierungen. Das entspricht zwar weniger als 10% aller einschlägigen Fachzeitschriften, aber mehr als 90% aller Zitierungen. Die Auswahl der Kernzeitschriften wird jährlich anhand einer Reihe von Kriterien angepasst, wobei die Zitierhäufigkeit der Journale eine wichtige Rolle spielt. Zum naturwissenschaftlich orientierten SCI kam 1973 der ähnlich aufgebaute *Social Science Citation Index* (SSCI) und 1978 der *Arts and Humanities Citation Index* (A&HCI) hinzu. Auf der Basis dieser Datenbanken lassen sich eine Reihe von Bewertungsindikatoren ermitteln.[43]

Nach langem Zögern und vielen Vorbehalten sind Wissenschaftsindikatoren jetzt auch in Europa in Gebrauch gekommen.[44] Im Abschnitt 3.1.1 wurden bereits einige der gängigen Wissenschaftsindikatoren vorgestellt. Im Folgenden soll analysiert werden, welche davon zum Zwecke der Qualitätsbewertung von gespeichertem Wissen geeignet sind, welche Aussagekraft sie haben und welche Wirkungen von ihrem Gebrauch ausgehen.

Der einfachste Indikator, den man zur Beurteilung der Forschungsleistung eines Wissenschaftlers oder einer Forschungseinrichtung heranziehen kann, ist die Zahl bzw. der Seitenumfang der Veröffentlichungen. Wie schon in 3.1.1 erwähnt, ist dies lediglich ein Maß für die Publikations*tätigkeit*, nicht für deren Qualität. Qualitätsbewertungen entstehen erst im Laufe der Zeit während des Gebrauchs des in den Veröffentlichungen niedergelegten Inhalts – etwa dadurch, dass er „kanonisiert“ wird und in Lehrbüchern Niederschlag findet.

Bewertungen sollen meist jedoch zeitnah erfolgen. Daher behilft man sich oft damit, ob die Veröffentlichung in einer angesehenen Zeitschrift oder Buchreihe erschienen ist, die für Qualität bürgt. Als quantitativer Indikator für das Ansehen einer Zeitschrift gilt zunehmend der *Journal Impact Factor* (JIF). Er gibt an, wie oft die Artikel einer bestimmten Zeitschrift im Mittel pro Jahr zitiert werden.[45] Man kann nun den JIF als Erwartungswert ansehen, wie oft ein Artikel in einer bestimmten Zeitschrift pro Jahr zitiert werden wird, und die Artikel eines Autors mit dem jeweiligen JIF gewichten.[46] Diese Art der Ermitt-

[43] Angaben nach Werner Marx, Hermann Schier und Michael Wanitschek, *Kann man Forschungsqualität messen? – Zitierungszahlen als Maß für Resonanz auf wissenschaftliche Aktivität*, MPG-Spiegel 3/1998. Zur theoretischen Fundierung der Zitationsindikatoren siehe Eugene Garfield, *Citation Indexing. Its Theory and Application in Science, Technology, and Humanities*, John Wiley & Sons New York 1979. Neuere Beiträge zu Theorie und Praxis der Indikatorik findet man in der Zeitschrift *Scientometrics*. Die folgende Darstellung verdankt viele Anregungen dem Artikel von Werner Marx und Hermann Schier, *Zitierungszahlen – eine Messlatte zur Bewertung von Forschungsqualität?*, Physikalische Blätter **57** (2001) Nr. 10, S. 25 - 29.

[44] Man verfolge hierzu etwa die Kette der Publikationen von Weingart (1984, 1991, 1995, 2001). Eine neuere Diskussion verschiedensterer Indikatoren, die zu unterschiedlich motivierten Bewertungen herangezogen werden können, liefert Stefan Hornbostel, *Wissenschaftsindikatoren. Bewertungen in der Wissenschaft*, Westdeutscher Verlag Opladen 1997.

[45] Zur Bestimmung des Impaktfaktors einer Zeitschrift werden alle Artikel der Zeitschrift aus einem Zeitfenster von zwei Jahren herangezogen. Den Impaktfaktor erhält man, wenn man die Anzahl der Zitierungen, die auf diese Artikel innerhalb des darauf folgenden Jahres entfallen sind, durch die Anzahl der zitierbaren Artikel teilt.

[46] Auch wenn empirische Untersuchungen wie Marx (2001) zeigen, dass die Zitationsraten von Artikeln innerhalb ein- und derselben Zeitschrift um 1-2 Größenordnungen schwanken können, sprechen dennoch einige theoretische Überlegungen für dieses Vorgehen: Zeitschriften mit sehr geringem Impaktfaktor werden kaum gelesen – Artikel haben dort also von Haus aus geringere Chancen auf hohe Zitierraten.

lung der „voraussichtlichen Beachtung eines Artikels“ ist in einigen Fächern mittlerweile sehr beliebt geworden.
Steht ein längerer Bewertungszeitraum zur Verfügung, kann man natürlich auch die Zitierungen eines Artikels, eines Wissenschaftlers oder einer Einrichtung in toto messen, anstatt sich mit den Erwartungswerten zu begnügen. Bei der Interpretation dieses so genannten *Impakts* ist dann aber zu beachten, welcher Zeitraum jeweils zur Verfügung stand, um Zitationen zu akkumulieren.[47] Die Auswertung kann dann als absoluter Impakt (Summe aller erhaltenen Zitierungen) oder als relativer Impakt (Zitierungen pro zitierfähige Arbeit) erfolgen. Von Interesse kann auch der Anteil der mindestens einmal zitierten Arbeiten sein. Selbstzitate werden bei solchen Analysen im Regelfall nicht mitgezählt.

Bei der Einführung quantitativer Indikatoren stellt sich jedoch immer die Frage, *was* da eigentlich gemessen wird – wofür die Indikatoren ein Maß sind, was die Indikatoren eigentlich anzeigen. Zitate dokumentieren die Nutzung einer Publikation. Da die Datenbanken des ISI nur Fachzeitschriften auswerten, wird im Regelfall allein die innerwissenschaftliche Nutzung betrachtet – die Wirkung auf Techniker, Verwaltungspraktiker oder das Laienpublikum bleibt außer Betracht.[48] Zitationsindikatoren messen also die *Resonanz* der Fachkollegen auf eine Veröffentlichung, aber keinesfalls Qualitätsaspekte wie ihre Eleganz oder ihre Wahrheit. Auch als falsch bekannte Arbeiten werden zitiert, und sei es als Negativ-Zitat nach dem Motto: „So geht es nicht!“ Obwohl die wissenschaftliche Redlichkeit die korrekte Angabe aller intellektuellen Anleihen gebietet, kann es sein, dass Zitierungszahlen aus einer Reihe von Gründen nicht den tatsächlichen Nutzungsgrad wiedergeben:

- unter mehreren zitierfähigen Autoren wird derjenige mit dem größten Bekanntheitsgrad oder Prestige ausgewählt (Matthäus-Effekt),
- Wissenschaftler zitieren sich selbst oder andere aus ihrem persönlichen Umfeld, ohne dass die zitierten Arbeiten von signifikantem Wert für die betreffende Publikation sind (Zitierkartelle),
- wesentliche Anregungen stammen oft nicht aus zitierten Arbeiten, sondern sind nur als persönliche Mitteilungen oder in Danksagungen dokumentiert,
- ins Basiswissen Übergegangenes wird überhaupt nicht mehr zitiert,
- viele Forscher zitieren frühe Arbeiten nur der Tradition halber, ohne sie je selbst gelesen zu haben.

Will man Zitationsanalysen zu Vergleichszwecken heranziehen, muss man neben den oben genannten Verfälschungsquellen eine Reihe weiterer Besonderheiten in Rechnung stellen. So werden Übersichtsartikel (sog. *Reviews*) und methodische Arbeiten überdurchschnittlich häufig zitiert. Bei Vergleichen zwischen verschiedenen Fächern muss man die zum

[47] So steigt beispielsweise die Summe aller Zitierungen eines Wissenschaftlers oft näherungsweise quadratisch mit dem Schaffensalter, weil sowohl neue Arbeiten hinzukommen als auch die älteren noch kontinuierlich zitiert werden. Für einzelne Arbeiten gibt es hingegen sehr verschiedene Muster im Zeitverlauf, wie die Abbildungen typischer Zitationsverläufe bei Marx (2001) zeigen. Dort findet man auch eine Zusammenstellung von häufig genannten Gründen, die Auswirkung auf die Zitierhäufigkeit haben.

[48] Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass es auch Bemühungen in dieser Richtung gibt, beispielsweise die Analysen des deutschen Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung Karlsruhe zur Zitierhäufigkeit wissenschaftlicher Arbeiten in Patenten.

Teil deutlich unterschiedlichen Publikations- und Zitiergewohnheiten berücksichtigen. Außerdem beeinflussen Sprachbarrieren das Zitierverhalten signifikant, insbesondere werden nicht-englischsprachige Journals kaum international beachtet. RAVETZ spricht deshalb von der „Kolonialwissenschaft", die durch kulturelle Isolation – zum Teil selbstgewählt wie im Fall der Ostblockstaaten, aus denen nur wenige Forscher im Westen publizieren und vortragen durften – keine Chance auf internationale Beachtung hat, und damit unverdient das Schicksal derjenigen teilt, die nur schwache Arbeiten produzieren:

Es gibt die große Masse jener, die auf Grund ihrer geographischen Isolierung, mangelnder Mittel, oder auch, weil es ihnen an Talent oder Engagement fehlt, nicht darauf hoffen können, geistiges Eigentum zu produzieren, das im vorherrschenden System anerkannt werden wird. Sie können sich dann entweder in ihrem lokalen Prestigesystem niederlassen oder minderwertiges geistiges Eigentum in Form von Titeln schwacher oder inhaltsleerer Arbeiten produzieren, die in den vielen obskuren Zeitschriften erscheinen, welche neben den wenigen anerkannten bestehen. Die erste dieser Gruppen, die ‚Kolonialwissenschaft' gibt es seit langem; sie bedeutet oft eine persönliche Tragödie für ihre Mitglieder, die im Exil, außerhalb der Wissenschaft der Metropolen leben, aber sie stellt keine Gefahr dar. Die zweite Gruppe der ‚unsoliden Wissenschaft' bildet jedoch eine ernste Gefahr; denn wenn es nicht gelingt, die für sie charakteristischen Eigenschaften streng im Status des Zweitklassigen zu halten, könnte das gesamte System der Qualitätskontrolle der echten Wissenschaft nur zu leicht zusammenbrechen.

Ravetz (1971), *Die Krise der Wissenschaft*, S. 324f.

Forscher aus Kulturkreisen mit vielen Wissenschaftlern haben höhere Zitierchancen als andere, da nachweislich bevorzugt Angehörige des eigenen Kulturkreises zitiert werden, mit denen man möglicherweise auch persönlich bekannt ist. So mag z. B. der Umstand, dass US-amerikanische Wissenschaftler häufiger Landsleute zitieren als europäische Arbeiten, eher auf diesen *Cultural Bias* als darauf zurückzuführen sein, dass die europäische Wissenschaft qualitativ schlechter sei. Des weiteren sind kleine und abseits des wissenschaftlichen Hauptstroms gelegene Wissenschaftsgebiete nicht ausreichend in den Datenbanken des ISI vertreten, so dass hier Zitationsanalysen kaum anwendbar sind. Und zu guter Letzt sei noch einmal daran erinnert, dass Zitationen nur ein Maß für die *innerwissenschaftliche* Nutzung sind – die Resonanz bei Technikern, Verwaltungspraktikern oder im Laienpublikum wird im Regelfall nicht erfasst. Zur Aussagekraft von Leistungsvergleichen auf der Basis von Zitationsanalysen heißt es in einem Aufsatz in den Physikalischen Blättern:

Zitierungsanalysen liefern keine absolut präzise Messlatte, sondern eine gewisse Orientierung. Zitierungszahlen, denen zufolge zum Beispiel die untersuchten Autoren oder Forschungsinstitute nur um wenige Zitierungen oder Prozentpunkte voneinander abweichen, offenbaren sicherlich keine signifikanten Unterschiede. [...]
Zitierungszahlen beantworten andererseits durchaus die Frage, ob ein Wissenschaftler gegenwärtig einen eher niedrigen oder einen ungewöhnlich hohen Impact unter seinen Fachkollegen zu verzeichnen hat. In diesem Zusammenhang sollte man nämlich nicht vergessen, dass sich Publikationen mit niedrigem von solchem mit hohem Impact um etwa drei Größenordnungen unterscheiden und Personen mit niedrigem von solchen mit hohem immer noch um rund zwei Größenordnungen auseinander liegen. Im Zusammenhang mit der Bewertung eines Forschungsinstituts kann man die zeitliche Entwicklung des (relativen) Impacts messen, um festzustellen, ob dieser sich eher nach oben oder nach unten bewegt. Eine drastische Verringerung des Impacts wäre ein Alarmsignal, das eine kritische Bewertung auch über andere Indikatoren nahelegt. Und genau das ist es was Zitierungszahlen liefern können: Hinweise auf Defizite und gefährliche Entwicklungen, nicht mehr und nicht weniger.

Marx und Schier (2001), *Zitierungszahlen – eine Messlatte zur Bewertung von Forschungsqualität?*

Der Gebrauch von Indikatoren zu Bewertungszwecken wird in den nächsten Jahrzehnten unweigerlich zunehmen – schon allein aufgrund ihrer zunehmenden Verfügbarkeit. Zwar

sind diese auf Zitationsanalysen beruhenden Indikatoren eigentlich keine neuen Bewertungsmaßstäbe, denn sie machen im Grunde nur die Ergebnisse des *Peer Review* sichtbar. Dadurch werden sie aber sowohl für Wissenschaftler als auch für Wissenschaftsexterne handhabbar.[49] Und damit wird das für die soziale Sphäre eigentümliche Phänomen zu Tage treten, dass das Wahrnehmen eines Sachverhaltes das diesen Sachverhalt konstituierende Handeln verändern kann.[50] Das Soziale kann auf die Erkenntnisse über sich selbst reagieren.

Man wird daher nicht um die Frage herum kommen, welche Auswirkungen der zunehmende Gebrauch quantitativer Indikatoren auf die Forschungshandelnden hat: Das simple Zählen von Veröffentlichungen verstärkt die Anreize zu einer Salamipublikationstaktik, deren Elaborate kaum lesenswert sind und damit den Gang der Forschung lähmen. Ein frustrierter Nachwuchsforscher beschreibt die gängigen Praktiken wie folgt:

> Da das Ansehen eines Wissenschaftlers von der Anzahl seiner Publikationen abhängt, versucht er, aus seinen Ergebnissen so viele Publikationen wie möglich herauszuschlagen. Da gibt es die Überlappungsmethode: Das Hauptergebnis einer Untersuchung wird mehrmals in verschiedenen Zeitschriften veröffentlicht, indem man es mit wechselnden Nebenergebnissen verziert. Mühsamer, weil mit mehr Schreibaufwand verbunden, doch heilsam für magersüchtige Publikationslisten, ist die Methode der kleinsten publizierbaren Einheit. Das Ergebnis wird in einzelne Teilergebnisse aufgespalten und diese getrennt veröffentlicht. Besonders schlagkräftig ist dagegen die Lawinenmethode. Das Resultat wird ohne Schnörkel, als Lawinenkern, in einer schnellen Zeitschrift veröffentlicht, um den Neuigkeitswert nicht zu verlieren. Danach werden zusätzliche Experimente aufgepappt, das Ergebnis ausführlich von vorn und hinten belegt und das Ganze in einer langsamen, aber angesehenen Zeitschrift noch einmal publiziert. Das Wassermilchverfahren schließlich mischt einem unbedeutenden Ergebnis, das allein keine Veröffentlichung rechtfertigen würde, alte, längst veröffentlichte Experimente zu. Dabei achtet der verantwortungsbewußte Profi darauf, daß die ollen Kamellen a) in einer anderen Zeitschrift, b) in neuer grafischer Form dargeboten werden.
>
> Siegfried Bär (1992), *Forschen auf Deutsch*, S. 13f.

Um die Anreize zu solchem Verhalten zu reduzieren, zielen radikale Vorschläge darauf ab, nur noch die fünf besten Artikel eines Forschers zu Bewertungszwecken heranzuziehen. Dann können sich die Forscher überlegen, ob sie lieber ihre Kraft auf einige wenige, aber sehr gute Veröffentlichungen verwenden, oder ob sie hoffen, dass in einer großen Zahl von Schnellschüssen schon ein paar vernünftige Artikel dabei sein werden.

Werden zur Bewertung der Forschungsleistung raffiniertere Indikatoren auf der Basis von Impaktanalysen herangezogen, so regt dies zur Bildung von Modewellen an.[51] Wenn Resonanz zu einem wichtigen Beurteilungsmaßstab wird, dann ist es für den einzelnen Forscher nur rational, auf den Feldern zu arbeiten und zu veröffentlichen, wo es auch die meisten anderen Fachkollegen tun, weil man nur so wahrgenommen wird. Die so entstehende Konzentration der wissenschaftlichen Anstregungen auf ausgewählte Felder kann gewollt und kurzfristig effizienzsteigernd wirken, sie kann aber auch langfristig in Sackgassen führen, weil alternative Ansätze unterdrückt würden, denn neue Forschungsgebiete

[49] Vgl. hierzu Peter Weingart, *Die Stunde der Wahrheit?*, Velbrück Weilerswist 2001, S. 317f.

[50] Während das Verhalten eines Steines nicht von den menschlichen Vorhersagen über sein Verhalten beeinflusst wird, kann das menschliche Verhalten auf Vorhersagen über genau dieses Verhalten reagieren. Bestes Beispiel hierfür ist das Börsengeschehen: Würde ein Börsenguru seine Prognosen über die Kursentwicklung nur heimlich abgeben, so bliebe das Börsengeschehen von seiner Vorhersage unbeeinflusst – macht er dagegen die Aussage öffentlich, können sich die Marktteilnehmer in Erwartung des Verhaltens der anderen darauf einrichten und die Vorhersage des Börsengurus zu einer *Self-fulfilling Prophecy* machen.

[51] Dies kann man bereits jetzt in den Lebenswissenschaften beobachten, in denen der SCI schon eine große Rolle bei der Bewertung von Forschungsleistungen spielt.

brauchen verhältnismäßig lange, bis sie von einer größeren Forscherzahl aufgegriffen werden – Veröffentlichungen erhalten hier deutlich weniger Zitierungen als im Hauptstrom einer Disziplin. Sich in Neuland zu wagen wird also noch riskanter als es ohnehin schon ist – sofern nicht von der Forschungsförderung zusätzliche Risikoprämien angeboten werden. Auf mögliche Gegenmaßnahmen wird noch im Kapitel 8 einzugehen sein.

7.4 Entwicklungstendenzen

Von den in dieser Arbeit diskutierten Bausteinen des wissenschaftlichen Wissensmanagements befindet sich die Speicherung des Wissens am meistem im Umbruch, wenngleich dies öffentlich und selbst in der Wissenschaftsverwaltung kaum so wahrgenommen wird. Deshalb soll an dieser Stelle die Aufmerksamkeit auf einige wichtige Entwicklungstendenzen gelenkt werden.

Der folgende **Abschnitt 7.4.1** beschreibt das Problem einiger moderner Forschungsgebiete, explodierende Mengen an Beobachtungsdaten zu generieren, die kaum noch zu verarbeiten, geschweige denn dauerhaft aufzubewahren sind. Das Problem der Langzeitspeicherung betrifft aber nicht nur elektronische Daten, sondern auch Bücher und Mikroformen auf säurehaltigem Material, wie **Abschnitt 7.4.2** erläutert. Der **Abschnitt 7.4.3** thematisiert dann die Krise der Bibliothek – unter diesem Schlagwort warnen Experten schon lange vor dem Kollaps der herkömmlichen Speicherung auf Papier. Weniger offenkundig sind dagegen die Auswirkungen der sinkenden Gegenwartskonzentration der Wissenschaft, d. h. der steten Abnahme des durch Forschung neu Hinzukommenden im Vergleich zum schon Bekannten. Diesem schleichenden Effekt widmet sich **Abschnitt 7.4.4**.

Das sich allmählich durchsetzende elektronische Publizieren hat das Potential, Auswege aus den zuvor genannten Problemen zu eröffnen, wie im letzten **Abschnitt 7.4.5** dargestellt. Zur Verwirklichung dieser Möglichkeiten muss es sich aber vom Vorbild des Gedruckten lösen und eigenständige Wege gehen, wie im **Anhang C** exemplarisch aufgezeigt.

7.4.1 Explodierende Datenmengen

In einigen Fächern fallen massenweise Daten an, die nur noch automatisch prozessiert werden können. Das gilt für Astronomie, Molekularbiologie und Teilchenphysik ebenso wie für Klimabeobachtung und -simulation. Die Situation wurde vom Münchner Literaturprofessor und damaligen DFG-Präsidenten Wolfgang Frühwald als so kritisch empfunden, dass er sich zu der Äußerung hinreißen ließ: „Wir Geisteswissenschaftler müssen den Naturwissenschaftlern bei der Bewältigung ihrer Datenflut helfen!“ Wahrscheinlicher als ein Zurückgreifen auf das Hilfsangebot der Geisteswissenschaftler ist jedoch, dass die Bedürfnisse der Naturwissenschaftler den technologischen Fortschritt im IT-Sektor entsprechend vorantreiben werden. Jüngste Vision ist der Übergang vom WEB zum GRID – einem weltweiten Verbund von Computern und Datenspeichern, mit dem die Teilchenphysiker vom CERN der Datenflut des neuen *Large Hadron Colliders* Herr werden wollen. Dennoch verbleiben eine Reihe ungelöster Schwierigkeiten, z. B. die langfristige Aufbewahrung der gewonnenen Daten.

7.4.2 Gefährdete Langzeitspeicherung

Ein grundsätzliches Problem aller elektronisch vorgehaltenen Daten ist bisher, das sie nicht sehr lange haltbar sind. Zum einen sind die Speichermedien höchstens einige Jahre bis maximal Jahrzehnte verlustfrei lagerfähig, bevor die Bits zu bröseln beginnen. Zum anderen sind alte Speichermedien und -formen aufgrund des raschen technischen Fortschritt binnen kurzem technisch überholt. Um alte Datenträger lesbar zu halten, müssen auch die entsprechenden Lese- und Verarbeitungsgeräte aufgehoben werden.[52] Diese als „Museumslösung" titulierte Strategie scheint sich jedoch nicht durchzusetzen. Angesichts der geringen Haltbarkeit der Datenträger ist die regelmäßige Datenmigration auf die jeweils aktuellste Speicherform die aussichtsreichere, wenngleich kostspieligere Strategie. Ob Datenmigration tatsächlich über mehrere Stufen verlustfrei möglich ist, ist jedoch völlig ungewiss. Es ist daher gut möglich, dass der angehäufte Datenschatz unter unseren Fingern zerrinnen wird.

Wie oben dargestellt, werden immer mehr wissenschaftliche Beobachtungsdaten nur noch elektronisch gespeichert, ohne dass ihre langfristige Verfügbarkeit gesichert sei. Doch wer glaubt, wenigstens die althergebrachte Speicherung auf Papier sei dem Zeitenlauf gewachsen, der irrt. Die Buch- und Zeitschriftenbestände aus den letzten 150 Jahren sind vom Säurefraß bedroht, denn das zur Herstellung verwendete säurehaltige Papier zersetzt sich binnen Jahrzehnten von selbst. Auch die älteren Fotografien, Filme und Mikrofiches teilen ein ähnliches Schicksal, da sich ihre Trägermaterialien ebenfalls von selbst zersetzen.[53]

> Etwa ein Drittel der Buchbestände in den deutschen Wissenschaftlichen Bibliotheken ist bereits jetzt durch Papierzerfall infolge Säurefraß so stark geschädigt, dass eine Benutzung nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr möglich ist. Insgesamt sind rund 80% der in großen Wissenschaftlichen Bibliotheken vorhandenen Büchern in den nächsten Jahren von der Vernichtung bedroht.
>
> Rupert Hacker (2000), *Bibliothekarisches Grundwissen*, S. 270

Seitdem zunehmend Holzschliff anstelle von Lumpen als Grundstoff für die Papierherstellung eingesetzt wird, reichert sich das Papier im Laufe der Jahrzehnte mit organischen Säuren an, die die Zellulose zerfressen. Das Papier vergilbt, wird brüchig und zerbröselt letztlich völlig. Sämtliche Druckerzeugnisse auf diesem säurehaltigen Papier werden schleichend unbrauchbar. Um dem Säurefraß zu entgehen, werden neue Bücher zunehmend auf säurefreiem Papier gedruckt. Doch was passiert mit den Altbeständen, in denen eine Zeitbombe tickt? Die Mikroverfilmung ist ein gangbarer und oft praktizierter Weg, allerdings sinkt der Benutzungskomfort dadurch deutlich. Mittlerweile gibt es außerdem mehrere ausgereifte Rettungsverfahren, die den Säurefraß stoppen können. Großmaßstäblich anwendbar sind zwei Massenentsäuerungsverfahren, bei denen durch ein Bad in Magnesium-Titanethylat oder Einblasen von Magnesiumoxid eine alkalische Reserve in gefährdetes Papier eingebracht und so der Verfall verlangsamt wird. Teurer und aufwendiger ist das Papierspaltverfahren zur Rettung von bereits schwer geschädigten Blättern, bei dem die Papierseiten geteilt und eine neue Trägerschicht eingezogen wird. Besonders wertvolle

[52] Die zugehörige Software kann ggf. auch auf neueren Computern „emuliert" werden.

[53] Die Gesamtproblematik des gefährdeten 'Gedächtnis der Menschheit' ist griffig dargestellt bei Dieter E. Zimmer, *Das große Datensterben. Von wegen Infozeitalter: Je neuer die Medien, desto kürzer ist ihre Lebenserwartung*, Die ZEIT 47/1999.

Werke können auch einer Einzelbehandlung unterzogen werden, zu der z. B. das Ansetzen neuer Blatträndер gehört.[54]
Trotz der angelaufenen Konservierungsprogramme wird nur ein Teil des Buchbestandes gerettet werden können. Die Kosten sind einfach zu hoch. Die nötige nationale und internationale Abstimmung vorausgesetzt, bleibt zumindest die Hoffnung, dass wenigstens einige Exemplare der meisten Bücher auf der Welt erhalten bleiben.

7.4.3 Krise der Bibliothek

Neben der oben beschriebenen Sorge, dass die vorhandenen Buchbestände sich allmählich zersetzen, quält die Bibliotheken noch eine ganz anderes Problem: Die verfügbaren Budgets und Stellplätze reichen nicht aus, um alle relevanten Neuerscheinungen zu erwerben. Vor allem bei den wissenschaftlichen Zeitschriften ist ein Teufelskreislauf in Gang gekommen: Der explodierende Umfang der Fachzeitschriften, die aber jeweils nur über eine kleine Leserzahl verfügen, lässt Preise und Gesamtkosten für wissenschaftliche Journale in die Höhe schnellen. In der Folge bestellen die Bibliotheken wegen knapper Budgets verstärkt Journale ab. Die Verlage reagieren ihrerseits wiederum mit Preiserhöhungen, was die Zahl der Zeitschriftenabonnenten weiter senkt, worauf die Preisspirale in eine neue Runde geht. Wer Universitätsbibliotheken gut kennt, der weiß, dass die Zeitschriftenbestände der letzten 30 Jahre ungefähr so viel Stellplatz einnehmen wie sämtliche Zeitschriftenjahrgänge davor. Die so genannte Zeitschriftenkrise ist unmittelbar evident. Alle bisher erdachten Gegenmaßnahmen – Spezialisierung der Bibliotheken durch Einrichtung von Sondersammelgebieten, Platzschaffen durch Dearchivierung von nicht mehr benötigten Beständen, Bildung von Erwerbungskonsortien zwecks Ballung von Einkaufsmacht – haben sich als zu stumpfe Waffen erwiesen.[55] Die lokale Verfügbarkeit sinkt.
Die Krise des Zeitschriftenwesens ist im Kern eine Krise der Bibliothek: Der Grundanspruch einer jeden Bibliothek, alle von der örtlichen Nutzergemeinde benötigten Schriften lokal vorzuhalten, wird zur Illusion. Damit ist ihr Grundverständnis erschüttert; entsprechend stellen sich die Bibliotheken auch nur zögerlich auf die neue Situation ein: Statt den Wert einer Bibliothek am Umfang ihres Bestandes zu ermessen, rückt die Kundenzufriedenheit stärker in den Mittelpunkt. Der Bibliotheksnutzer will vor allem einen schnellen Zugang zu dem von ihm Gesuchten. Entsprechend sehen Bibliothekare ihre neue Funktion darin, Nutzern bei der Suche nach relevanten Informationen zu helfen und ihnen Zugang zu Wissensquellen zu verschaffen, unabhängig davon, wo die Quellen sind. Außerdem übernehmen Bibliotheken zunehmend verlegerische Aufgaben.

> Die Einrichtung der Wissenschaft, die von der ‚Flut der Literatur' voll getroffen wird, ist die *Universitätsbibliothek* mit ihrem Anspruch, einen umfassenden Bestand zu besitzen.
>
> Peter Weingart (2001), *Die Stunde der Wahrheit?*, S. 111

Während die Universitätsbibliotheken von der Literaturflut, die im Zuge des Wissenschaftswachstums immer weiter anschwoll, mit voller Wucht getroffen wurden, konnten

[54] Vgl. dazu Rupert Hacker (2000), S. 270f.

[55] Zur Spezialisierung der Bibliotheken siehe Rupert Hacker, *Bibliothekarisches Grundwissen*, Saur München 2000, S. 146ff; zu Konsortialverträgen siehe den Beitrag von Alice Keller, *Zeitschriftenkonsortien: Sinn oder Unsinn?*, in: Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Walter Umstätter [Hrsg.], *Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002*, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin 2003.

sich die Wissenschaftler durch Selektionsmechanismen davor retten. Selektive Wahrnehmung durch fachliche Spezialisierung und andere Strukturierungen des Kommunikationsflusses ermöglichten den Forschern, in ihrem Gebiet den Überblick zu behalten.[56] Der Preis dafür war nur, dass die Gebiete, die der einzelne Forscher überblickte, immer weiter schrumpften. Dank seiner selektiven Aufmerksamkeit wusste der einzelne Spezialist, überspitzt ausgedrückt, „alles über nichts". Da während der Wachstumsphase der Wissenschaft aber das meiste Wissen zeitgenössisch war, d. h. die Entdecker noch lebten, war in der Summe aller Spezialisten dennoch fast das gesamte Wissen auch in Köpfen präsent. In Zeiten des *Steady State* wird diese eigentümliche Gegenwartskonzentration der Wissenschaft, wie DEREK J. DE SOLLA PRICE das Phänomen nannte, jedoch schwinden.

7.4.4 Sinkende Gegenwartskonzentration

In den Abschnitten 3.2 und 3.3 wurde das Ende des Wissenschaftswachstums als Übergang in einen *Steady State* ausführlich beschrieben. Damit einher geht das Phänomen der „sinkenden Gegenwartskonzentration": Der Anteil des von der lebenden Wissenschaftlergeneration herausgefunden Wissens sinkt künftig im Vergleich zu dem Wissen, dass kodifiziert in den Bibliotheken vorliegt. Wir sitzen also zunehmend auf einem Berg von Wissen, das keiner mehr kennt.
Handlungsleitend kann aber nur das artikulierbar oder implizit in Köpfen steckende Wissen werden. Wenn sich also nichts an den Organisationsformen der Wissenschaft ändert, wird der bisher automatisch gegebene Überblick über weite Teile des vorhandenen kodifizierten Wissens schwinden. Die potentielle Folge: Die Wissenschaft erleidet kollektive Amnesie. Kaum jemand kennt dann mehr die Debatten und Argumente, die vor Jahrhunderten ausgetauscht wurden, und viele erfinden sie von Neuem. Anzeichen dafür gibt es bereits heute, so ist in der essayistisch geprägten, zeitgenössischen anglo-amerikanischen Philosophie das Wissen um die abendländische Tradition nicht sehr verbreitet. Da keiner mehr weiß, was in den Bibliotheken steht, fällt dies auch keinem Gutachter mehr auf. Der *Peer Review* vor der Publikation kann nicht mehr die Berücksichtigung des vorhandenen Wissens sicherstellen; Kohärenz als Bedingung von Wahrheit wird verletzt. Der Wert der Publikationen schwindet, ohne dass es jemand merkt.

Offenkundig wird das Problem der sinkenden Gegenwartskonzentration jedoch dann, wenn die Wissenschaft mit (externen) Fragen konfrontiert wird, die sich nur durch Zusammenführen von Wissensbeständen aus verschiedenen Gebieten lösen lassen. Denn hierfür braucht man im Allgemeinen einen Überblick über den kodifizierten und den in Köpfen vorhandenen Wissensbestand. Die Wissenschaft findet sich damit in einer Situation wieder, in der sich viele Unternehmen jetzt schon wähnen: Sie wissen nicht, was sie alles wis-

[56] Die im Laufe der Geschichte zunehmende Binnendifferenzierung der Wissenschaft in Fächer und Disziplinen wurde bereits im Abschnitt 2.5 erörtert. Die damit einhergehende Segregation der Kommunikation schuf eine Binnenkomplexität, die die wachsende Komplexität der Forschungsfront gegenbalancierte. Aber auch unterhalb der Ebene von Fächern und Disziplinen bildeten sich Strukturen im Kommunikationsprozess, die durch Vertrauensbildung selektive Wahrnehmung ermöglichten. Wie in Abschnitt 7.3.3 beschrieben, schuf der *Peer Review* als Qualitätssicherungsinstrument ein hohes Vertrauen in ausgewählte Journale, die deshalb bevorzugt gelesen wurden. Angesehene, meist ältere Wissenschaftler fungierten dank ihrer im *Credibility Cycle* erworbenen Vertrauenswürdigkeit als *Gatekeeper* ihrer *Invisible Colleges*, wie in Abschnitt 6.1.4 erörtert. Publikationen aus ihrer Feder, insbesondere Lehrbücher und andere Übersichtsarbeiten wie z. B. *Review Articles*, erfreuten sich besonderer Sichtbarkeit und prägten so nachhaltig das jeweilige Feld.

sen – was sie aber müßten, um ihre Aufgaben angemessen erfüllen zu können. Vielleicht können ihr hier die Strategien weiterhelfen, die im betrieblichen Wissensmanagement angewendet werden:

a) Generalisten mit Überblick über den Wissensbestand einsetzen und

b) technische Hilfsmittel zur schnellen Recherche schaffen.

Generalisten Wissensbasiert arbeitende Unternehmen, namentlich große Unternehmensberatungen, habe Stäbe erfahrener Mitarbeiter eingesetzt, die als erste Anlaufstelle für Hilfesuchende aus dem Unternehmen dienen. Sie müssen als Generalisten nicht alles wissen, aber doch zumindest, welche Fragen schon einmal gelöst wurden und wo man mehr darüber erfahren kann.
Die Wissenschaft könnte in analoger Weise auf die immer komplexer werdenden Anforderungen reagieren: Der einzige Weg, um mit äußerer Komplexität fertig zu werden, ist der Aufbau von Binnenkomplexität. Das hieße, sich von der Vorstellung des Einheitswissenschaftlers zu verabschieden, der die drei Funktionen *Forschen*, *Tradieren* und *Bewahren* in einer Person erfüllt und ausbalanciert. Statt dessen gäbe es Spezialisten für jede der drei Funktionen. Die naheliegende Konsequenz, das weitere Auseinanderfallen von Forschung und Lehre, wird schon häufig diskutiert. Weniger beachtet wird die andere logische Folge, dass es neben Forschenden und Lehrenden eine dritte Gruppe von Generalisten geben müsste, die aufgrund ihres Überblicks dafür sorgen können, dass altes Wissen an der Forschunsfront und von externen Nachfragern berücksichtigt werden kann. Das könnte etwa dergestalt geschehen, dass Zeitschriften, die etwas auf sich halten, solche Generalisten als Gutachter beschäftigen, um die Kohärenz mit dem Stand der Literatur und etwas weiter entfernt liegenden Gebieten sicherzustellen. Zur Etablierung solcher Generalisten wird es aber nur kommen, wenn es entsprechende Ausbildungsgänge und Karrierepositionen für sie gibt.

Recherchewerkzeuge Auch Generalisten, die sich nicht um Wissensproduktion und -verbreitung bemühen, sondern nur um einen Überblick über den Wissensbestand, wären ohne technische Hilfsmittel angesichts der schieren Masse an Publikationen heillos überfordert. Wie schon in Abschnitt 4.4 erwähnt, müssen sie auf Wissenslandkarten und gute Recherchewerkzeuge zurückgreifen können. Den bisherigen Ansätzen, z. B. den Bibliographien und Datenbanken der Fachinformationszentren, fehlt dabei vor allem eines: Sie dokumentieren nicht, wie relevant die erfassten Publikationen sind.
An dieser Stelle ist damit die Gelegenheit, die schon im Abschnitt 7.3 erwähnte POPPERsche Auffassung wieder aufzugreifen, dass Qualitätssicherung in der Wissenschaft ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess sei: Im Forschungsvollzug wird das bisherige Wissen immer wieder aufs Neue geprüft. In den *Hot Spots* der Forschungsfront werden stets neue Hypothesen ins Säurebad der Erfahrung gehalten und die unbrauchbaren ausgeschieden. Da in die Aktivitäten an der Forschungsfront immer auch bestehendes Vorwissen eingeht, wird auch das bislang akzeptierte Wissen kontrolliert. Allerdings erfolgt diese Prüfung rein nach den Erfordernissen der Forschungsfront und keineswegs systematisch. Denn abgesehen von Lehrexperimenten gilt die Reproduktion von Bekanntem nicht als gute Wissenschaft. Je mehr also die Forschungsfront auffächert, desto größer wird die Gefahr, dass einmal Publiziertes nie wieder überprüft wird und lange Zeit später für bare Münze

genommen wird. Besonders augenfällig ist dies in apparativ aufwendigen Gebieten, in denen Resultate schon gar nicht mehr unabhängig kontrolliert werden können, weil es schlicht nur ein Großgerät gibt, an dem die einschlägigen Experimente durchgeführt werden können. Selbst die Mathematik der zugehörigen Theorien ist so schwierig, dass die notwendigen mathematischen Schritte kaum noch von mehreren Forschern unabhängig nachvollzogen werden.[57]
Vom wissenschaftsphilosophischen Standpunkt aus gesehen ist Doppelforschung also gar kein Übel, sondern wesentlicher Bestandteil der wissenschaftlichen Qualitätssicherung. Unter Effizienzgesichtspunkten sollte das Prüfergebnis nur präzise dokumentiert werden, damit auch spätere Generationen etwas davon haben. Daran hapert es bisher jedoch. Zwar schlägt sich die kontinuierliche Qualitätsprüfung im Kommunikationsprozess nieder – beispielsweise darüber, welche Inhalte in Lehrbüchern auftauchen –, aber man kann nicht allein anhand der im Speicher befindlichen Dokumente ablesen, wie relevant sie früher oder heute waren. Sucht man beispielsweise nach einem alten Artikel, so sind dort keine Verweise in die damalige Zukunft, an denen zu erkennen ist, ob es sich um mittlerweile obsoletes Wissen handelt, das z. B. durch später als zweifelhaft erkannte Methoden erzielt wurde. Man ist mit den heutigen Methoden der Wissensvorhaltung gezwungen, dies entweder selbst komplett nachzurecherchieren (wobei man oft genug merkt, dass viele Artikel völlig sinnentstellt zitieren), oder dem Artikel schlicht zu glauben.

Angesichts des Effizienzdiktats, das in Zeiten des *Steady State* herrscht, wird man solchen Doppelforschungsaufwand künftig vermeiden wollen. Es wäre daher wünschenswert, wenn zu allen Publikationen auf einfache Weise Metainformationen recherchierbar wären, ob es sich um geprüfte Inhalte handelt und welche späteren Arbeiten darauf Bezug nehmen. Das sich immer mehr ausbreitende elektronische Publizieren bietet im Prinzip die dafür notwendigen technischen Möglichkeiten, worauf im nachfolgenden Abschnitt noch genauer einzugehen sein wird.

7.4.5 Potentiale elektronischen Publizierens

Mit dem Aufkommen des Internets in der Mitte der 90er Jahre sind die Chancen und Risiken des elektronischen Publizierens in Fachkreisen stark diskutiert worden. Danach hat bei Bibliotheken und Verlagen aber Ernüchterung Einzug gehalten. Die schöne Vision der globalen digitalen Bibliothek hat sich angesichts der Kosten für die Retro-Digitalisierung der vorhandenen Buch- und Zeitschriftenbestände verflüchtigt. Trotzdem lassen sich schleichende Veränderungen im wissenschaftlichen Publikationsgeschäft beobachten – insbesondere bei den Zeitschriften.[58]
In den letzten Jahren hat die Zahl der elektronischen Journale rapide zugenommen. Die meisten sind Schwesterausgaben etablierter Printjournale, es gibt aber auch einige genuin elektronische Journale wie das *New Journal of Physics*. Der Hauptvorteil der E-Journale liegt im Zeitgewinn: Artikel lassen sich schneller recherchieren und sind weltweit von jedem

[57] Vgl. Holm Tetens, *Kommt die Grundlagenforschung an ein Ende? Wissenschaftstheoretische Überlegungen zu den Grenzen der Wissenschaft* in: Jürgen Mittelstraß [Hrsg.], *Die Zukunft des Wissens. XVII. Deutscher Kongress für Philosophie*, Akademie Verlag Berlin 2000.

[58] Vergleiche dazu die Sonderhefte der *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie* aus der zweiten Hälfte der 90er Jahre, die sich ausführlich mit den Auswirkungen der neuen elektronischen Medien auf das Publikations- und Bibliothekswesen beschäftigt haben. Eine knappe Synopse der Diskussionen findet man bei Dieter E. Zimmer, *Die Bibliothek der Zukunft*, Ullstein München 2001.

Computer aus bequem zugänglich. Hinzu kommt, dass viele Verlage dazu übergegangen sind, Artikel sofort nach der Begutachtung online verfügbar zu machen, also lange bevor die Druckversion erscheint.
Damit haben sich die Möglichkeiten der elektronischen Medien aber noch lange nicht erschöpft.[59] Obwohl Wissenschaftler früher als andere von den Möglichkeiten des Internets, z. B. durch E-Mail und Newsgroups, profitierten, hat jetzt die Wirtschaft im Zuge der dort gelaufenen Wissensmanagement-Diskussion die Führung übernommen. Etliche Unternehmen bauen ihre Intranets zu organisierten Systemen für ihr elektronisches Wissensmanagement aus. Daher erhebt sich die Frage: Sind ähnliche Lösungen auch für die Wissenschaft denkbar und vorteilhaft?
Optimistisch betrachtet, könnte man behaupten, wir befänden uns gerade an einem kulturellen Quantensprung zur echten Wissensübertragung. Erinnern wir uns an die Analyse der Begriffe „Daten“ – „Information“ – „Wissen“ im Abschnitt 2.1.1. Wissen zu speichern hieß, neben dem eigentlichen Inhalt auch noch die zugehörigen Relevanzen und Kontexte abzuspeichern. Bislang war diese Fähigkeit biologischen Systemen vorbehalten: Auch wenn wir die Funktionsweise des Gehirns bei weitem noch nicht verstanden haben, so leuchtet doch angesichts der Milliarden von inhibierenden und verstärkenden Synapsenverschaltungen zwischen den Nervenzellen unmittelbar ein, dass unsere Köpfe in der Lage sind, zu Inhalten auch deren Wichtigkeit und Beziehungsgeflechte mit abspeichern zu können.

Kommunikationsform	überbrückt	und überträgt
Lautsprache	Raum	Inhalte + ggf. Relevanz
Schrift	Raum und Zeit	Inhalte + ggf. Kontext
Internetdatenbank	Raum und Zeit	Inhalte + ggf. Relevanz + ggf. Kontext

Tabelle 7.1: Quantensprung von der Daten- zur Wissensübertragung?

Menschliche Kultur wäre jedoch kaum möglich, wenn es keine Wege für den geistigen Austausch zwischen verschiedenen Köpfen gäbe. Tabelle 7.1 zeigt eine Auswahl von prinzipiellen Kommunikationsformen und deren Leistungskraft. Die schon vor Zehntausenden, wenn nicht vor Hunderttausenden von Jahren entstandene *Lautsprache* ermöglicht den Austausch von Inhalten über kurze räumliche Distanzen. Durch Modulation der Lautstärke kann der Sprecher auch Hinweise auf die Relevanz der Äußerung geben. Der Kontext einer Äußerung lässt sich mit der Lautsprache aber kaum transportieren, er muss vom Hörenden vor allem selbst erschlossen werden. Die erst vor wenigen tausend Jahren erfundene *Schriftsprache* vermag Inhalte über große räumliche und auch zeitliche Abstände zu transportieren. Durch explizite Verweise auf andere Dokumente lässt sich auch der Kontext andeuten. Die Relevanz einzelner Passagen kann man durch Einrückungen, Unterstreichungen, farbige Hervorhebungen, Fett- und Kursivdruck etc. ersichtlich machen. Die Relevanz ganzer Schriftstücke oder auch archivierter Tonaufnahmen ist dem Dokument als solchem aber nicht unmittelbar anzusehen – hierfür bedarf es des Vertrauens in den Urheber oder sekundärer Informationen über die Wichtigkeit des Inhalts.

[59] Vergleiche beispielsweise das Konzept des *Scholarly Skywriting* von STEVAN HARNAD, einem Vorreiter des interaktiven elektronischen Publizierens: Stevan Harnad, *Scholarly Skywriting and the Prepublication Continuum of Scientific Inquiry*, Psychological Science **1** (1990), S. 342 - 343, und Stevan Harnad, *Free at Last: The Future of Peer-Reviewed Journals*, D-Lib Magazine **5** (1999) No 12.

Mit den Technologien des *Internets* eröffnet sich nun ein weites Feld neuer technischer Möglichkeiten. *Hyperlinks* beispielsweise ermöglichen das Verknüpfen von Inhalten mit ihren Kontexten in ganz zwangloser Weise. Gerade bei wissenschaftlichen Artikeln, die ja wie in einem Spinnennetz über Zitierungen miteinander verbunden sind, ist dies eine interessante Option, da sich hier der Kontext einer Arbeit relativ einfach ermitteln lässt.[60] Die Relevanz ist zumindest als Resonanz, d. h. als Nutzungshäufigkeit, auch relativ einfach feststellbar – *Klicks* und *Downloads* sind bei weitem einfacher zu zählen aus Ausleihhäufigkeiten in Bibliotheken!
Natürlich erzeugen Internetdatenbanken, die vom vollen Umfang ihrer Möglichkeiten Gebrauch machen und neben dem eigentlichen Inhalt auch noch Hinweise auf Kontexte und Relevanzen speichern, noch lange keinen „Kurzschluss“ zwischen verschiedenen Gehirnen: Zum einen bleibt das im Abschnitt 2.1.1 erwähnte hermeneutische Problem bestehen, dass jede Kommunikation auf einem System von Zeichen beruht, deren Bedeutung eine Verabredung ist, die sowohl der Sender wie auch der Empfänger kennen muss, damit Kommunikation gelingen kann. Kommunikation enthält daher immer einen Interpretationsspielraum. Zum anderen können Sender und Empfänger jeweils Kontext und Relevanz anders beurteilen – einen Zwang zur Übereinstimmung kann keine der bisher bekannten Kommunikationsformen herstellen.[61] Viele Autoren vertreten daher die Ansicht, dass eine „Wissensübertragung“ im Wortsinne nicht möglich sei.[62]

Trotz dieser einschränkenden Bemerkungen bietet das elektronische Publizieren im Internet interessante und weit über das Bisherige hinausgehende Möglichkeiten. Durch das in einfacher Weise mögliche Abspeichern auch der Kontexte und Relevanzen einer wissenschaftlichen Arbeit ließe sich die Dokumention der Wissensbewertung deutlich besser in den Wissenschaftsprozess integrieren. Im Prinzip könnten dadurch auch die Wünsche erfüllt werden, die im vorangegangenen Abschnitt 7.4.4 an die Recherchewerkzeuge für Generalisten gestellt wurden: An wissenschaftlichen Artikeln könnte man in Zukunft ablesen, wo sie zitiert werden, wie oft sie gelesen und auch wie sie von den Lesern bewertet wurden. Dadurch würde die Qualitätssicherung in der Wissenschaft bedeutend vereinfacht.
Damit das elektronische Publizieren, insbesondere von Fachzeitschriften, dieses in ihm steckende Potential realisieren kann, müsste es sich jedoch vom Vorbild des Gedruckten lösen.[63] Wie ein solches neuartiges *dynamisches Journal* aussehen könnte, wird im Anhang C modellhaft auf dem Reißbrett entworfen.

[60] Die Vision der globalen digitalen Bibliothek erscheint zumindest für die Zeitschriften nicht mehr völlig utopisch, denn mehrere große Verlage arbeiten an der vollständigen Retro-Digitalisierung ihrer Journale. Beispielsweise verfolgt Elsevier mit *Science Direct* ein Konzept, das ein Erreichen von zitierten und verwandten Arbeiten über Hyperlinks in einfacher Weise ermöglicht. Mit den Datenbanken des *Institutes for Scientific Information* steht darüber hinaus – unabhängig von den an Verlage gebundenen Zeitschriftentiteln – eine umfangreiche Sammlung von Zitationsbeziehungen zur Verfügung, so dass sowohl ein Verfolgen der zitierten (d. h. früheren) als auch der zitierenden (d. h. späteren) Arbeiten theoretisch möglich wäre.

[61] Eine direkte Verdrahtung von Gehirnen, die möglicherweise dazu in der Lage wäre, gehört nach wie vor ins Reich der *Science Fiction*.

[62] So z. B. Helmut Willke in *Systemisches Wissensmanagement*, Lucius & Lucius Stuttgart 1998. Vergleich hierzu die Ausführungen im Abschnitt 2.1.1.

[63] Dass eine neue Technik zunächst die Vorgängertechnik imitiert, ist ein aus der Innovationsforschung wohlbekanntes Phänomen. Beispielsweise ahmte das Laufrad des Freiherrn von Drais zunächst das Laufen nach, bevor sich daraus die eigenständige Fortbewegungsweise des Fahrens auf zwei Rädern entwickelte. Ähnliches gilt für das Auto, dessen Frühform nichts anderes als eine Pferdekutsche mit Motor war.

Eine schöne neue Welt? Nicht ganz, denn die im Abschnitt 7.4.2 erwähnten Probleme der elektronischen Langzeitbewahrung harren noch immer der Lösung ...

7.5 Schlussfolgerung: Kollektives Gedächtnis gefährdet

Unter der Überschrift „Wissensspeicherung“ wurden in diesem Kapitel die beiden Bausteine *Wissen speichern* und *Wissen bewerten* der betrieblichen Wissensmanagement-Diskussion behandelt und auf das deutsche Wissenschaftssystem übertragen. Nun gilt es, das Beschriebene auf die leitende Fragestellung dieser Arbeit zu beziehen: *Wird Wissen in adäquater Weise zugänglich vorgehalten, um rasch darauf zugreifen zu können, wenn es zur Lösung von gesellschaftlich als relevant angesehenen Problemen erforderlich wird?*

In der Wissenschaft gibt es zwei Wissensquellen: Die Produktion neuen Wissens durch Forschung und den in Bibliotheken aufbewahrten Wissensbestand. Aufgrund der sinkenden Gegenwartskonzentration wird der Anteil des Wissens, das neu durch Forschung gewonnen wird, künftig im Vergleich zum Wissensbestand sinken. Hier soll die These vertreten werden, dass dieses alte Wissen durchaus interessant bleiben wird, zum einen für den inneren Gang der Wissenschaft, zum anderen aber vor allem für wissenschaftsexterne Fragestellungen. Warum?

Der Mensch akkumuliert durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt immer mehr Macht, die ihm Eingriffe in zuvor ungekannter Weise ermöglicht. Die Eingriffsmöglichkeiten wachsen dabei in Breite und Tiefe, d. h., es werden sowohl immer neue Bereiche manipulierbar (z. B. Beeinflussung des Wetters) als auch die Manipulationen immer tiefgreifender (mittlerweile können wir etwa einzelne Atome anordnen). Dinge, die früher naturgegeben waren, wie z. B. das Geschlecht eines neugeborenen Kindes, werden plötzlich kontrollierbar. Damit rücken sie aber auch in die Sphäre der menschlichen Verantwortung. Historisch lässt sich für diesen Prozess manches Beispiel finden. So wurden etwa in Mitteleuropa alle Großjäger wie Wölfe und Bären ausgerottet, die dem Menschen gefährlich waren. Damit fehlten aber auch die natürlichen Jäger, um die Bestände an Rot- und Schwarzwild zu kontrollieren, und der Mensch musste hier die Hege übernehmen. Nun sind jedoch erfahrungsgemäß die Zeitskalen natürlicher und menschlicher Prozesse nicht immer identisch. Einprägsames Beispiel ist das langsame Abklingen von radioaktiven Abfällen aus Atomkraftwerken, die über Jahrtausende sicher verwahrt werden müssen. Zukünftige Generationen werden daher wohl oder übel auch Verantwortung für Prozesse übernehmen müssen, die lange vor ihrer eigenen Zeit angestoßen wurden. Damit wird das Bedürfnis einhergehen, auf entsprechend alte Wissensbestände zurückzugreifen. Diese Möglichkeit ist aber derzeit nicht gesichert.

Das Gedächtnis der Menschheit ist gegenwärtig ernsthaft bedroht. Die in den letzten 150 Jahren gedruckten Bücher und Zeitschriften zerfallen schleichend, denn das zur Herstellung verwendete säurehaltige Papier zersetzt sich binnen Jahrzehnten von selbst. Auch die älteren Fotografien, Filme und Mikrofiches teilen ein ähnliches Schicksal, da sich ihre Trägermaterialien ebenfalls von selbst zerstören. Während für Bücher und Filme wenigstens Konservierungsmethoden bekannt sind, deren Anwendung lediglich durch die zur Verfügung stehenden Finanzmittel begrenzt ist, ist die Langzeitverfügbarkeit aller elektronisch vorgehaltenen Daten bisher prinzipiell ungelöst. Andererseits nimmt die elektronische Speicherung immer mehr zu, nicht zuletzt aufgrund der damit verbundenen

Möglichkeit, die Krise der Bibliothek zu überwinden, die in den gedruckten Ergebnissen der Wissenschaft erstickt. Die elektronischen Medien bewirken derzeit einen Umbruch im wissenschaftlichen Publikationsgeschäft, der den Vergleich mit der Einführung des Buchdrucks nicht zu scheuen braucht.

Zwar wird sicher nur ein kleiner Teil der insgesamt vorhandenen Publikationen nach langer Zeit wieder nachgefragt werden, aber man kann unmöglich im vorhinein mit Sicherheit prognostizieren, welche das sein werden. Deshalb wäre es wünschenswert, an jedem gespeicherten Dokument rasch ablesen zu können, ob es sich um geprüfte und noch immer valide Inhalte handelt. Sucht man heute nach einer alten Publikation, so sind dort keine Verweise in die damalige Zukunft, an denen zu erkennen wäre, ob es sich um mittlerweile obsolete Inhalte handelt, die z. B. mit später als zweifelhaft erkannten Methoden erzielt wurden. Man ist mit den heutigen Methoden der Wissensvorhaltung gezwungen, dies entweder selbst komplett nachzurecherchieren, oder der Publikation zu glauben. Das elektronische Publizieren gerade von wissenschaftlichen Fachzeitschriften ermöglicht nun jedoch im Prinzip, sowohl den Kontext als auch die Relevanz eines Dokuments mit abzuspeichern. Hyperlinks ermöglichen das Verknüpfen von Inhalten mit ihren Kontexten in ganz zwangloser Weise. Gerade bei wissenschaftlichen Arbeiten, die ja wie in einem Spinnennetz über Zitierungen miteinander verbunden sind, ist dies eine interessante Option, da sich hier der Kontext einer Arbeit relativ einfach ermitteln lässt. Die Relevanz ist zumindest als Resonanz, d. h. als Nutzungshäufigkeit, ebenfalls einfach feststellbar. Das elektronische Publizieren hat damit im Prinzip das Potential, den Schritt von der Daten- zur Wissensspeicherung zu vollziehen, d. h. neben den Inhalten auch Kontext und Relevanz zu speichern. Die darauf beruhenden Recherche-Werkzeuge könnten den Zugang zu alten Wissensbeständen bedeutend vereinfachen.

Wie schon im Kapitel 4 festgestellt, verlangen gesellschaftliche Problemstellungen nach einem Zusammenführen von Wissensbeständen aus verschiedensten Bereichen. Dafür sind die zuvor angedeuteten neuen Recherche-Werkzeuge unverzichtbar. Man braucht aber auch einen Pool von Generalisten, die wissen, welche Fragen schon einmal gelöst wurden und wo man mehr darüber erfahren kann. Zu den traditionellen Wissenschaftlerrollen des Forschers und Lehrers müsste also noch die Funktion des Generalisten und Kommunikators hinzukommen. Deren Aufgabe wäre es, aufgrund ihres Überblicks über den Wissensbestand dafür zu sorgen, dass altes Wissen an der Forschungsfront und von externen Nachfragern berücksichtigt werden kann. Solche Generalisten benötigten eine multidisziplinäre Ausbildung, wie sie etwa vollwertige Studium-Generale-Abschlüsse bieten könnten. Die Absolventen könnten z. B. von angesehenen Zeitschriften als Gutachter beschäftigt werden, um die Kohärenz mit dem Stand der Literatur und etwas weiter entfernt liegenden Gebieten sicherzustellen. Außerdem könnten sie als Konsultationspartner für Wissenschaftsexterne dienen. Auch für die im Kapitel 8 ins Auge gefassten *Task Forces* zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen würden sie gebraucht. Zur Etablierung solcher Generalisten wird es aber nur kommen, wenn die entsprechenden Ausbildungsgänge und Karrierepositionen bewusst geschaffen werden.

Teil III

Schluss

Kapitel 8

Fazit und Ausblick

Das wesentliche Untersuchungsergebnis dieser Arbeit lautet: Das deutsche Wissenschaftssystem ist nicht geeignet verfasst, um die Wissenschaft für die Bewältigung der Herausforderungen fruchtbar zu machen, die sie selbst mit hervorgerufen hat. Insbesondere fehlt es an einer effektiven Verzahnung zwischen Wissenschaft und Politik. Während zwischen Wissenschaft und Wirtschaft das Bindeglied der Technikentwicklung gerückt ist, fehlt der Politik bisher eine „wissenschaftsbasierte Entwicklungsabteilung". Die etablierten Praktiken der wissenschaftlichen Politikberatung sind ungenügend, vor allem mangelt es an einer Kopplung zwischen Forschungsförderung und Politikberatung.[1]
Verschärft wird das Problem durch den Übergang in einen *Steady State*: Es stehen nicht für alle denkbaren Forschungsprojekte finanzielle und personelle Ressourcen zur Verfügung. Man kann sich nicht mehr darauf verlassen, dass alles eventuell erforderliche Wissen automatisch generiert wird, sondern es müssen gezielt Prioritätsentscheidungen getroffen werden. Außerdem wird in Zukunft die Bedeutung des Wissens zunehmen, das schon in der Vergangenheit produziert wurde. Die derzeitige Speicherung in Bibliotheken ist dafür nicht optimal gerüstet.

In Zukunft wird es daher darauf ankommen, das wissenschaftliche Wissen von der Produktion über die Nutzung bis zur Bewahrung gezielter zu managen. Damit ist nicht gemeint, auf Bewährtes wie die freie Entfaltung der erkenntnisorientierten Grundlagenforschung zu verzichten, sondern eine Ergänzung und Fortentwicklung der bestehenden Praktiken und Forschungsförderinstrumente. Die Wissenschaft steht vor der Aufgabe, auf die bisher ausgeblendete, koevolutive Verkopplung zwischen wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklung eine strukturelle Antwort zu finden. Der Verfasser schlägt vor, die Lösung in einem Kopplungsmechanismus zwischen Wissenschaft und Politik zu suchen, der einerseits die unverzichtbare Autonomie der Wissenschaft in weiten Bereichen erhält, anderseits aber auch erlaubt, die Wissenschaft zur Lösung der Probleme mit heranzuziehen, die sie selbst mit hervorgerufen hat.

8.1 Die Aufgabe: Wissenschaft und Politik besser koppeln

Wissenschaft und Politik sind ausdifferenzierte Teilsysteme der Gesellschaft, die spezifische Funktionen übernommen haben. Heute stellt sich jedoch die Aufgabe, die Kopplung zwischen ihnen zu verbessern. Eine Kopplungsinstanz hätte dabei weder die Aufgabe,

[1] Zu den Defiziten siehe im Detail die Abschnitte 4.6, 5.4, 6.6 und 7.5.

selbst Forschung zu betreiben, noch die Macht, politische Entscheidungen zu treffen. Ihre Tätigkeit entfaltete sich vielmehr an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik, ohne eindeutig einem der beiden gesellschaftlichen Teilbereiche zugeordnet werden zu können. Sie müsste Folgendes leisten:

1.) Gesellschaftliche Herausforderungen rechtzeitig erkennen: In modernen Gesellschaften ist es oft die Wissenschaft, die gesellschaftliche Fehlentwicklungen und nichtintendierte Handlungsfolgen entdeckt. Um rasch Chancen und Risiken zu erkennen, braucht man jedoch einen systematischen *Foresight*-Prozess, der die jüngsten Forschungsergebnisse systematisch aufnimmt und mit gesellschaftlich gewünschten Zukunftsvorstellungen vergleicht.

2.) Erforderliches Wissen beschaffen: Im Regelfall sind gerade erst entdeckte Probleme zu Beginn nur schlecht verstanden. Man kennt vielleicht die als nächstes zu stellenden Fragen, aber nicht die Antworten. Es müssen daher Forschungen in Pasteurs Quadrant[2] angeregt und finanziert werden, die sowohl zu einer Verbesserung des Problemverständnisses als auch zum Aufzeigen von Handlungsoptionen für die Praxis führen.

3.) Integrierte Lösungswege aufzeigen: Um realisierbare Handlungsvorschläge zu entwerfen, muss das Wissen aus den verschiedensten Spezialgebieten zusammengeführt werden. Die relevanten politischen und sonstigen Akteure müssen von der Wirksamkeit der Handlungsvorschläge überzeugt und bei der Umsetzung begleitet werden.

Diese Aufgaben ähneln der Tätigkeitsbeschreibung eines Pfadfinders: Ein *Scout* macht den Weg für andere frei, indem er

1.) sich auf die Suche nach Zielen macht, die sich für andere lohnen könnten,

2.) Wege zu den ausgekundschafteten Zielen aufzeigt,

3.) seine Klienten überzeugt und auf dem Weg zum Ziel als Coach begleitet.

8.2 Die Vision: Das *Scout*-Konzept

Abbildung 8.1 zeigt einen Vorschlag, wie diese Metapher mit Leben erfüllt werden könnte. Der Text erläutert die Idee im Detail.

1.) Gesellschaftliche Herausforderungen rechtzeitig erkennen

Ein *Scout* hat als erstes die Aufgabe, sich auf die Suche nach lohnenden Zielen zu machen. Mit scharfen Adleraugen streift er frei durch die Landschaft, um günstige Gelegenheiten und drohende Gefahren zu erspähen. Ein Scout arbeitet dem Sinne nach zwar für andere, aber kein Klient kann ihm präzise Zielvorgaben machen. Es ist erst die Tätigkeit des *Scouts* selbst, die eine konkrete Beschreibung möglicher Ziele erlaubt.

[2] Zur Erläuterung der hier anstelle der üblichen Klassifizierung in „Grundlagenforschung“ und „angewandte Forschung“ benutzten Unterscheidung in Pasteurs, Linnés, Edisons und Bohrs Quadrant siehe Abschnitt 2.3.1.

In Analogie schaut die Wissenschaft als Auge der Menschheit in jeden nur erdenklichen Winkel und stellt die Sprache bereit, in der sich politische Ziele überhaupt erst präzise formulieren lassen. Die Politik muss daher einerseits der Wissenschaft ausreichend Raum zur freien Entfaltung lassen und andererseits dafür Sorge tragen, dass sie rechtzeitig über attraktive Gelegenheiten oder drohende Gefahren informiert wird. Ein Urteil darüber, welche Entdeckungen und Entwicklungen als wünschenswert bzw. bedrohlich erscheinen, setzt einen Vergleich mit den gesellschaftlichen Zielvorstellungen voraus. Wie könnte diese doppelte Aufgabe in der Praxis ausgefüllt werden?

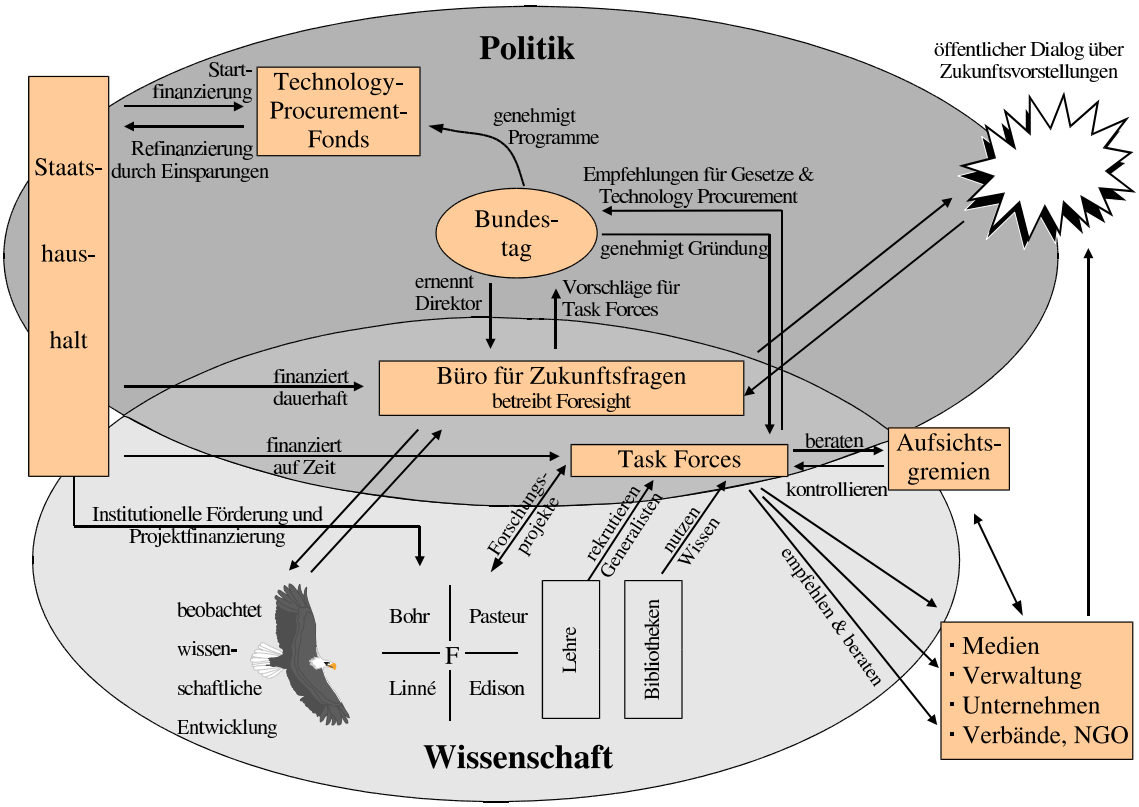

Abb. 8.1: Kopplung zwischen Wissenschaft und Politik: Das *Scout*-Konzept

Beim Bundestag sollte ein *Büro für Zukunftsfragen* als zentrale *Foresight*-Instanz eingerichtet werden. Es könnte das heutige Büro für Technikfolgenabschätzung (TAB) ablösen. Die Aufgabe des Büros bestünde darin, mit Hilfe der im Abschnitt 4.5 beschriebenen *Foresight*-Methoden heranziehende Herausforderungen zu identifizieren. Dafür müsste es sowohl den *Science/Technology Push* beobachten als auch den *Demand Pull* ermitteln, wie im Folgenden näher erläutert.[3]

Zum ersten muss das Büro für Zukunftsfragen das wissenschaftliche Geschehen sorgsam beobachten. Wie ein Radar soll es herannahende Probleme von gesellschaftlicher Tragweite aufspüren, bevor sie uns auf den Nägeln zu brennen beginnen. Dafür muss das Büro weltweit die aktuellen Forschungsergebnisse systematisch nach Hinweisen darauf absuchen, welche gesellschaftlichen Handlungspraktiken ihre eigenen Voraussetzungen gefährden, also nicht nachhaltig sind. Ex ante ist aber unmöglich vorherzu-

[3]Zur Erklärung der Begriffe *Science Push, Technology Push* und *Demand Pull* siehe Abschnitt 2.7.2.

sehen, wo das nächste Problem lauern könnte. Gemäß der sozialen Relevanz von Wissenschaft kann die Politik der Wissenschaft hier keine präzisen Ziele vorgeben, es ist vielmehr die Sprache der Wissenschaft erst selbst, in der sich mögliche (Wissens)ziele formulieren lassen. Deshalb müssen die Forschungssteuerungsverfahren in Bohrs und Linnés Quadrant die Wissenschaft dazu animieren, als Auge der Menschheit in jeden nur erdenklichen Winkel zu schauen und verlässliches Fakten- und Strukturwissen zu beschaffen. Verfahren der akademischen Selbststeuerung – wie etwa die Deutsche Forschungsgemeinschaft – haben sich hier im Grundsatz bewährt. Unter den Bedingungen des *Steady State* sollte jedoch zusätzlich ein Förderverfahren für originelle Vorhaben mit ungewissem Ausgang eingerichtet werden, da die etablierten, auf *Peer Review* beruhenden Förderwege tendenziell neue Forschungsansätze behindern. Denn so wie junge Technologieunternehmen eine Wagnisfinanzierung brauchen, so sind auch Nachwuchsforscher mit innovativen Forschungsansätzen auf *Seed Money* angewiesen. Führt ein neuer Ansatz innerhalb angemessener Zeit zu brauchbaren Ergebnissen, so wird er dann auch in *Peer-Review*-basierten Förderverfahren gute Chancen haben, andernfalls ist er aufzugeben.[4]

Zum zweiten müsste das Büro für Zukunftsfragen öffentliche Diskurse mit allen gesellschaftlichen Gruppen organisieren, wie eine wünschbare Zukunft aussehen könnte. Es wäre jedoch utopisch anzunehmen, dass in einer pluralistischen Gesellschaft Konsens über die wünschbare Zukunft hergestellt werden könnte. Vielmehr müsste es darum gehen, verschiedene Zukunftsentwürfe zu entwickeln und mit ihren Stärken und Schwächen gegeneinander zu stellen. Die in den öffentlichen Diskursen entwickelten, durchaus alternativen und konträren Leitbilder könnten als Zielmarken dienen, um zu prüfen, ob die von der Wissenschaft diagnostizierte gesellschaftliche Trendentwicklung in die gewünschten Richtungen verläuft oder nicht. Außerdem könnten diese Leitbilder für Unternehmen hilfreich sein, um sich bei der Entwicklung neuer Technologien daran auszurichten.[5]

Wenn eine moderne Gesellschaft nicht orientierungslos dahin treiben will, muss diese Radarfunktion als eine allgemeine und unverzichtbare Solidaraufgabe begriffen werden. Das Büro für Zukunftsfragen sollte daher dauerhaft aus dem Etat des Bundestages finanziert werden. Um eine Verbindung zwischen der jeweils vorherrschenden politischen Strömung und der Arbeit des Büros herzustellen, sollte dessen Direktor jeweils für eine Legislaturperiode vom Bundestag ernannt werden. Die als Zukunftsforscher tätigen Mitarbeiter sollten jedoch in Dauerstellungen beschäftigt werden, um Kontinuität und Sachverstand zu bewahren.

2.) Erforderliches Wissen beschaffen

Ein *Scout* arbeitet nicht für sich selbst, sondern für andere. Hat er ein lohnenswertes Ziel entdeckt, muss er seine Klienten davon überzeugen, eine Expedition dorthin zu entsenden. Als Pfadfinder besteht seine Hauptaufgabe darin, nach gangbaren Wegen

[4] Vgl. Abschnitte 4.1 und 5.3.

[5] Die These vom *Social Shaping of Technology* besagt, dass die Entwicklung neue Technologien von einem artikulierten gesellschaftlichen Bedarf beeinflusst werden kann. Unternehmen betreiben jedoch nur kurzfristige Marktforschung, die ebenfalls in Kennedys Quadrant angesiedelte langfristige Technologiebedarfsanalyse wäre eine öffentlich zu finanzierende Aufgabe. Vergleiche die Abschnitte 2.7.2 und 6.3.1.

zu suchen, auf denen sich das anvisierte Ziel erreichen lässt. Hierfür braucht er sowohl überdurchschnittliches Geschick als auch eine gute Orientierung. Er muss herausfinden, was machbar ist, und die Landschaft gut kennen, in der er sich bewegt. Indem er die Erreichbarkeit des Ziels demonstriert, verschafft er sich Glaubwürdigkeit.

In Analogie zum zunächst freien Umherschweifen eines *Scouts* wird die Beobachtung des wissenschaftlichen Geschehens eine große Zahl möglicher Chancen und potentieller Gefahren hervorbringen, die unmöglich alle verfolgt werden können. Aus dieser Sammlung sind diejenigen auszuwählen, die gesellschaftlich als am wichtigsten angesehenen werden, und einer vertieften Behandlung zuzuführen. In Analogie zu einem Pfadfinder müssen konkrete Missionen vom Klienten und Geldgeber – hier der Politik und der Öffentlichkeit – gebilligt werden. Wie könnte dies konkret umgesetzt werden?

Wenn das Büro für Zukunftsfragen eine Herausforderung identifiziert, der sich Deutschland wird stellen müssen, dann sollte es dem Bundestag vorschlagen können, dafür eine *Task Force* einzurichten. Stimmte der Bundestag zu, würde eine zeitlich befristete *Task Force* gegründet. Ihre Aufgabe wäre nicht, selbst Forschung zu betreiben, sondern das Wissensmanagement zur Lösung des Problems. Die *Task Forces* sollen die Aufgabe der Politikberatung, wie sie heute von Enquete-Kommissionen wahrgenommen wird, mit der Forschungsförderung kombinieren, die heute durch die Fachprogramme des BMBF erfolgt. Denn die implizite Annahme der heutigen Politikberatungspraxis, das zur Lösung gesellschaftlicher Probleme benötigte Wissen wäre in der Wissenschaft bereits vorhanden, ist irrig. Das erforderliche Wissen muss zum großen Teil erst produziert werden, und vor allem muss es aus verschiedensten disziplinären Kontexten zusammengeführt werden. Diese Aufgabe ist innerhalb der aus guten Gründen disziplinär verfassten Wissenschaft nicht zu leisten.

Jede neu gegründete *Task Force* erhielte eine Mission, die das zu lösende Problem und mögliche Restriktionen formuliert, die von den Lösungsvorschlägen einzuhalten sind. Diese Vorgaben bilden die strategischen Wissensziele der *Task Force*. Als Beispiele für Problemstellungen wären denkbar:

- Wie könnte ein Gesundheitssystem aussehen, das dem demographischen Wandel und den technologischen Fortschritten der Medizin gewachsen ist?
- Wie lassen sich Staats- und Gemeinaufgaben dauerhaft finanzieren?
- Wie kann eine zukunftsfähige Energieversorgung aussehen?
- Wie kann dem Wandel zur Wissensgesellschaft Rechnung getragen werden?

Jede *Task Force* hätte zunächst die Aufgabe, ihre Mission zu operationalisieren, also in Teilfragen zu zerlegen, die von einzelwissenschaftlicher Forschung bearbeitet werden können. Diese Festlegung operativer Wissensziele erfordert, sich von Betriebsblindheiten eingeschliffener Praktiken und Ideologien freizuhalten, um sich Wege zu neuen Lösungen offenzuhalten, die sonst verschlossen blieben. Im Regelfall wird sich im Verlaufe der Arbeit einer *Task Force* herausstellen, dass das zu lösende Problem ursprünglich schlecht gestellt wurde. Die rekursive Redefinition des Problems wäre daher eine wichtige Aufgabe jeder *Task Force*.

Eine *Task Force* betriebe selbst keine Forschung, sondern stellte nur Fragen und kaufte die Antworten von außen ein. Sie hätte die Aufgaben eines Wissensmanagers:

a) Operative Wissensziele festlegen: Zerlegung der eigenen Mission in Fragen, die von wissenschaftlichen Fächern und Disziplinen beantwortbar sind.

b) Wissen und deren Träger identifizieren: Überblick über das vorhandene Wissen, das für die festgelegten Wissensziele relevant ist, gewinnen.

c) Wissen entwickeln: Offene Forschungsfragen detektieren und Forschung darauf lenken.

d) Wissen erwerben: Benötigtes Wissen, egal ob aus dem In- oder Ausland, erwerben, prüfen und integrieren, um die studierten Probleme besser zu verstehen und mögliche Lösungswege aufzuzeigen.

e) Wissen (ver-)teilen: Problemwahrnehmung bei relevanten Akteuren induzieren und handlungsmächtige Akteure animieren, das gesammelte Wissen über mögliche Lösungswege zu nutzen.

f) Wissen bewahren und bewerten: Erworbenes Wissen konservieren und die Tauglichkeit der erarbeiteten Lösungsvorschläge bewerten, indem die Akteure bei der Problemlösung begleitet werden.

Das Tagesgeschäft einer *Task Force* ähnelte also in Teilen dem eines zielorientierten Forschungsförderers: Durch Forschungsaufträge an ausgewiesene Fachexperten würde zunächst zusammengetragen, was für das Verständnis und die Lösung des Problems bereits alles bekannt ist. Hierfür wäre es erforderlich, sich schnell einen Überblick über den vorhandenen Wissensstock und seine Träger verschaffen zu können. Dabei könnten die neuen Recherchemöglichkeiten, die das elektronische Publizieren heute bietet, zu einer großen Hilfe werden, da in Zukunft ein wachsender Teil des Wissens nicht mehr zeitgenössisch sein wird.[6]

Im Regelfall wird sich jedoch herausstellen, dass bei weitem nicht alles bekannt und vieles noch unter den Experten umstritten ist. Es müssen daher Forschungsprojekte angestoßen und finanziert werden, um die Wissenslücken zu schließen. Die bearbeiteten Fragestellungen werden naturgemäß sowohl auf Verständnis als auch auf Anwendung hin orientiert sein, in der hier verwendeten Sprechweise also in Pasteurs Quadrant angesiedelt sein. Dort sind Verfahren der Hybridsteuerung das Mittel der Wahl, d. h. Verbundprojekte zwischen Forschern und Anwendern. Im Unterschied zur heutigen Praxis sollten die *Task Forces* jedoch nicht nur Projekte mit Unternehmen, sondern auch mit Partnern in Behörden und Interessengruppen durchführen.

Neben Fragen, die auf dem gegenwärtigen Entwicklungsstand der beteiligten Disziplinen zeitnah durch Forschung zu beantworten sind, wird man sicher auch auf Felder stoßen, auf denen noch gar keine Forschungsaktivitäten bestehen. Hier könnte anderen Trägern der Forschungsförderung (MPG, DFG etc.) die Institutionalisierung der Felder angeraten werden, vor allem dann, wenn verschiedene Problemstellungen auf sie hinführen. Wenn mehrere *Task Forces* mit unterschiedlicher Mission existieren,

[6] Vgl. die Ausführungen in den Abschnitten 7.4.4 und 7.4.5.

ließen sich auf diesem Wege auch Synergien zwischen verschiedenen Problemfeldern entdecken.

Den *Task Forces* stellen sich die im Abschnitt 6.2 thematisierten Probleme interdisziplinärer Arbeit in besonderer Weise, denn ihre Aufgabe beinhaltet die Synthese spezialisierten Fachwissens. Realisierbare Lösungswege sind nicht monodisziplinär zu haben, denn die einzelnen Fachperspektiven erfassen immer nur einen Ausschnitt der Wirklichkeit. Die *Task Forces* müssen die Aufgabe meistern, aus dem von außen erworbenen Spezialwissen brauchbare Handlungsvorschläge zu generieren. Ihre Mitarbeiter müssen daher aus verschiedensten Fachrichtungen kommen und eher Generalisten sein. Während das Kompetenzprofil eines Spezialisten die Form eines „T" hat, um ein Bild von HANS-PETER DÜRR zu gebrauchen, müssen die Generalisten der *Task Forces* ein kammförmig gezacktes Profil besitzen (vgl. Abbildungen 8.2 und 8.3). Sie müssen sich in den Sprachwelten mehrerer Fächer auskennen, um die Übersetzung und Verknüpfung zwischen ihnen leisten zu können. Für solche Generalisten fehlen bisher multidisziplinäre Ausbildungsgänge, etwa in Form vollwertiger Studium-Generale-Abschlüsse an ausgewählten Universitäten.

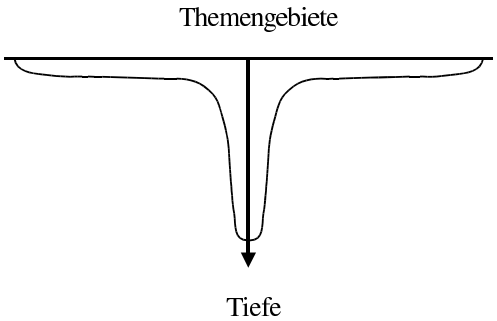

Abb. 8.2: Kompetenzprofil eines Spezialisten

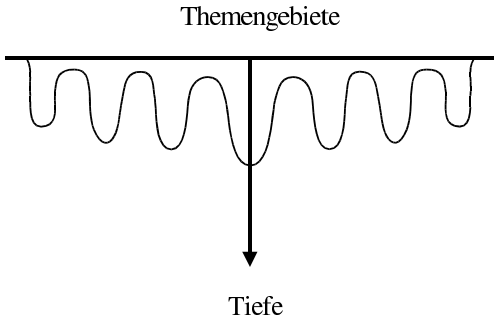

Abb. 8.3: Kompetenzprofil eines Generalisten

Während das zentrale Büro für Zukunftsfragen eine dauerhafte Grundfinanzierung erhält, sind die *Task Forces* zeitlich befristet. Ihre Einrichtung bedarf der Zustimmung des Parlaments, um die Legitimität der Problemauswahl und die damit verbundene Einschränkung der Forschungsfreiheit sowie erforderlichen Mittelzuweisungen abzusichern. Der Mittelbedarf einer *Task Force* wird sicher je nach Mission unterschiedlich hoch sein; das Volumen dürfte jedoch ungefähr den heutigen Förderprogrammen des BMBF entsprechen, die mit ca. 10 Mio. € bis 200 Mio. € jährlich dotiert sind. Eine typische *Task Force* hätte etwa 100 Mitarbeiter und würde dafür bis zu 10% ihrer Mittel selbst verbrauchen; der Rest stünde für Forschungsprojekte zur Verfügung. Die erforderlichen Mittel sollten jeder *Task Force* bei ihrer Gründung pauschal vorab zugesagt werden. Das Parlament sollte während der Laufzeit keinen Durchgriff auf die Mittelverwendung haben, um die Unabhängigkeit der Beratung sicherzustellen.

3.) Integrierte Lösungswege aufzeigen

Ein Pfadfinder kann für seine gefundenen Ziele nur werben, denn es fehlen ihm selbst die (Macht)mittel zu Umsetzung. Er muss daher handlungsmächtige Akteure begeistern, motivieren und als Coach bei der Umsetzung begleiten. So wird er zugleich

haftbar gemacht für seine eigenen Vorschläge und kann nicht ins Blaue hinein unrealisierbare Entwürfe machen.

Die *Task Forces* befinden sich in einer dem Pfadfinder vergleichbaren Lage. Auch ihnen fehlen die Machtmittel zur Umsetzung der gefunden Lösungsansätze. Ziel und Auftrag der *Task Forces* muss es daher sein, die Lösungsvorschläge an umsetzungsmächtige Akteure zwecks Realisierung zu vermitteln. Sie übernehmen also eine Mittlerrolle zwischen Wissenschaft und Politik, aber auch zur Wirtschaft und zur breiten Öffentlichkeit. Wie könnte diese Rolle ausgefüllt werden?

Um eine gute Anbindung an die betroffenen und relevanten Akteursgruppen sicherzustellen, sollte jeder *Task Force* ein Aufsichtsgremium zugesellt werden, in dem hochrangige Vertreter einschlägiger gesellschaftlicher Gruppen vertreten sein sollten. Das Gremium sollte mindestens einmal jährlich ausführlich tagen. Seine Aufgabe wäre es, den Kontakt zu den umsetzungsrelevanten Akteuren sicherzustellen und zu überwachen, dass die Mission der *Task Force* eingehalten wird.

Die *Task Forces* müssen einen schwierigen Spagat aushalten: Einerseits sollen sie eine von politischen und wirtschaftlichen Interessen unabhängige und wissenschaftlich fundierte Beratung leisten, während sie andererseits bei der Umsetzung iher Vorschläge auf die Unterstützung durch die maßgeblichen Akteure in Politik und Wirtschaft angewiesen sind, die ihre Eigeninteressen verfolgen und durchzusetzen versuchen. Die Qualität der Arbeit einer *Task Force* wird daher maßgeblich von der Integrität und dem Ansehen ihres Leiters bzw. ihrer Leiterin bestimmt, der dem Einfluss der Interessengruppen widerstehen muss. Die Leitung einer *Task Force* sollte daher keinen Nebentätigkeiten nachgehen dürfen und ihr Einkommen offen legen müssen, um Korruption vorzubeugen. Um den unweigerlich vorhandenen Lobby-Druck zu begrenzen, wird außerdem vorgeschlagen, dass der Leiter bzw. die Leiterin einer *Task Force* bei ihrer Gründung vom Parlament mit Zwei-Drittel-Mehrheit bestimmt wird. Eine Abberufung oder Nachbesetzung sollte nur durch konstruktives Misstrauensvotum möglich sein, für das ebenfalls eine Zwei-Drittel-Mehrheit erforderlich ist. Ferner sollte auch das oben vorgeschlagene Aufsichtsgremium gegenüber dem beauftragenden Parlament rechenschaftspflichtig sein, um den dort vorhandenen Lobby-Einfluss einer öffentlichen Kontrolle zu unterziehen.

Um eine hohe Praxiswirksamkeit der *Task Forces* zu erreichen, könnten ihnen parlamentarische Initiativrechte für Gesetze und Technologieförderprogramme zugebilligt werden. Denkbar wäre beispielsweise, einen *Technology-Procurement-Fonds* einzurichten, mit dem die Markteinführung gewünschter Technologien gefördert wird. Der Staat tritt ja selbst in erheblichem Umfang als Technologienachfrager auf. Seine Nachfragemacht könnte deshalb dazu genutzt werden, innovativen Technologien einen ersten Markt zu bieten und so das Innovationsgeschehen zu beflügeln. Um es an einem Beispiel zu illustrieren: Eine *Task Force*, die mit dem Klimaproblem befasst ist, erkennt das Energie-Einsparpotential bei elektrischer Beleuchtung und regt an, sämtliche Verkehrsampeln mit einem noch zu erfindenden Beleuchtungssystem auszustatten, das nur 10% der bisher benötigten Energie verbraucht und das eine Mindestlebensdauer von 8.000 Stunden hat. Die Industrie kann sich nun selbst überlegen, auf welche Weise dieser angekündigte Markt zu erschließen ist. Eine Lösung

könnte z. B. in LED-Ampeln bestehen. Die drei Unternehmen, die zuerst mit Lösungen, die den gestellten Anforderungen entsprechen, auf den Markt kommen, erhalten jeweils die Hälfte, ein Drittel bzw. ein Sechstel des versprochenen Marktes. Die Investitionen für die neuen Ampeln werden aus einem *Technology-Procurement-Fonds* finanziert, der zum einen aus dem Staatshaushalt gespeist wird und der sich zum anderen über Contracting-Modelle aus den erzielten Einsparungen (hier etwa durch die geringeren Stromkosten für die Ampeln) refinanzieren kann.

Die *Task Forces* sollten nach acht Jahren einer Zwischenevaluierung unterzogen werden, die über Art und Weise der Fortführung entscheidet. Dabei sollten alle denkbaren Varianten – Ausbau, Umwidmung, Kürzung und auch Abwicklung – möglich sein. Falls es nicht zur Schließung kommt, kann eine weitere Arbeitsphase von maximal acht Jahren bewilligt werden. Spätestens dann muss die *Task Force* ihre Resultate in breitem Rahmen präsentieren. Das Aufsichtsgremium entscheidet dann über die Transmissionsaufgaben, die von der *Task Force* während ihrer anschließenden, drei bis vier Jahre dauernden Abwicklungsphase zu erfüllen sind. Das generierte Wissen und Know-how ist dann an umsetzungsmächtige Unternehmen und Behörden zu transferieren, am besten durch Hinüberwechseln der Mitarbeiter. Je nach Situation könnten auch Ausgründungen oder eine PR-Offensive sinnvolle Transferstrategien sein. Falls das Problem weiterhin als wichtig, aber noch immer nicht als gelöst angesehen wird, käme auch die Gründung einer neuen *Task Force* mit verwandter Mission in Frage. Eine Verlängerung der Lebenszeit einer *Task Force* über eine Obergrenze von etwa 20 Jahren hinaus sollte jedoch vermieden werden, um keine neuen „unsterblichen“ Institutionen zu schaffen.

Während der Abwicklungsphase einer *Task Force* wäre es darüber hinaus sinnvoll, aus ihren Umsetzungserfolgen und -misserfolgen verallgemeinerte Schlussfolgerungen zu ziehen. Diese Erfahrungen könnten vom zentralen Büro für Zukunftsfragen gesammelt und an spätere *Task Forces* weitergegeben werden. Durch diese Art von begleitender „Umsetzungsforschung“ würde ein kontinuierliches Lernen in der Politikberatungspraxis sichergestellt.

8.3 Schlussbemerkung

Die hier entwickelte Vision ist aus einer bestimmten Perspektive hervorgegangen, nämlich der in dieser Arbeit eingenommenen Sichtweise der Wissensmanagement-Debatte. In einem nächsten Schritt müsste das Konzept nun aus anderen Blickwinkeln betrachtet werden. Denn erfahrungsgemäß geben andere Sichtweisen meist wertvolle Hinweise, wie ein zunächst nur in groben Umrissen skizziertes Konzept im Detail ausgestaltet werden muss, um in die Praxis umgesetzt werden zu können.

Eine interessante Fragestellung ist beispielsweise, wie sich das hier skizzierte Modell aus Sicht der Staatstheorie darstellt. Die klassische Staatstheorie sieht vor, Legislative, Exekutive und Judikative zu trennen und in gegenseitige *Checks and Balances* einzubinden. In unserer heutigen wissenschaftlich-technischen Ziviliation ist aber auch die Wissenschaft zu einem Machtfaktor geworden. Es stellt sich heute die Aufgabe, der enger gewordenen Kopplung zwischen Wissenschaft und Politik Rechnung zu tragen, gleichzeitig aber

die Differenz zwischen Wissenschaft und Politik aufrecht zu erhalten: Einerseits wird Wissenschaft zur Formulierung realisierbarer politischer Ziele zunehmend unverzichtbar, andererseits kann Wissenschaft nicht über deren Akzeptanz entscheiden. Wissenschaftliche Expertise ist eine wesentliche Legitimationsressource für die Politik, die aber nur dann ihren Wert behält, wenn man nicht von ihr verlangt, auch an der Forschungsfront gesichertes Wissen anzubieten.
Das hier vorgeschlagene Konzept versucht, die Wissenschaft in die *Checks and Balances* der gesellschaftlichen Mächte einzubinden. Das dahinter liegende Motto könnte man so formulieren: „Philosophen sind zwar nicht die besseren Könige, aber Könige ohne Philosophen sind auch keine guten Herrscher.“ In komplexen Gesellschaften ist die Wissenschaft oft für die politische Problemformulierung unverzichtbar geworden. Diese Aufgabe würde das Büro für Zukunftsfragen wahrnehmen. Die Entscheidung, welche Probleme vorrangig vertieft zu analysieren sind, bliebe jedoch den Politikern vorbehalten. Die von den *Task Forces* im Wechselspiel mit der aktuellen Forschung entwickelten Lösungsvorschläge wiederum würden politische Handlungskonzepte auf eine solidere Basis stellen. Die letztliche Entscheidung über die Umsetzung läge jedoch weiterhin bei Politikern und anderen betroffenen gesellschaftlichen Kräften.
Das *Scout*-Konzept würde die Freiheit der Wissenschaft im Grundatz erhalten, aber in gesellschaftlichen Problemfeldern der Politik einen stärkeren Durchgriff auf die Forschungsinhalte erlauben, indem die Politik via Missionswahl für die *Task Forces* einen Teil der Forschungsaktivitäten auf damit verbundene Themen richten könnte. Die Politik wiederum würde ihre Freiheit in der Gestaltung politischer Konzepte zugunsten besser fundierter Lösungsvorschläge einschränken, gleichzeitig aber ihre ureigene Entscheidungsverantwortung uneingeschränkt behalten.

Trotz dieser potentiellen Chancen des *Scout*-Konzepts darf man sich nicht darüber hinwegtäuschen, dass es wohl kaum kurzfristig durchsetzbar sein dürfte, da es das gewohnte Machtgefüge zwischen Wissenschaft und Politik deutlich verändern würde. Aber auch Zukunftsbilder, die nicht unmittelbar tagespolitisch zu verwirklichen sind, haben ihren Wert. Sie geben Anregungen, an denen sich die weitere Debatte reiben kann. Der Verfasser hofft, mit dem hier entwickelten *Scout*-Konzept in diesem Sinne wirken zu können.

Kapitel 9

Zusammenfassung

Der im **Kapitel 1** geschilderte Ausgangspunkt ist JÜRGEN MITTELSTRASS' Einsicht, dass wir heute in einer Leonardo-Welt leben. Wir Menschen haben uns die Erde häuslich eingerichtet. Auf Schritt und Tritt begegnen wir dem Werk von Menschen – es gibt kaum noch einen Fleck auf dieser Erde, der nicht von uns beeinflusst und verändert worden wäre. Ohne die gereiften Blütenträume der Wissenschaft wäre diese Ausdehnung der menschlichen Sphäre nicht möglich gewesen.

ULRICH BECK sah den Preis, der für den Wohlstand der Moderne zu zahlen sei, in der Errichtung einer Risikogesellschaft, die sich permanent mit den in der Vergangenheit angehäuften Nebenwirkungen ihres Tuns auseinander setzen muss. Die Wissenschaft und ihre Umsetzung als Technik haben nicht nur Menschheitsträume wahr gemacht, sondern auch neue Albträume produziert. Wissenschaft und Technik kommen damit nicht mehr nur als Quelle für Problemlösungen, sondern zugleich auch als Quelle für Problemursachen ins Visier. Ein Beispiel ist der Klimaproblem, das als unintendierte Nebenfolge der Verbrennung fossiler Energierohstoffe entstand, weil man vergaß, die Rückwirkung auf die eigenen Lebensgrundlagen zu beachten. In der Situation der ökologischen Krise, die PETER HENNICKE durch das Erreichen unüberschreitbarer Naturschranken charakterisiert, stellt sich heute die Frage:

Wie kann die Wissenschaft fruchtbar gemacht werden, um die Probleme wieder zu beseitigen, die sie mit hervorgerufen hat?

Klar ist, dass die Herausforderungen, vor denen moderne Gesellschaften heute stehen, ohne Wissenschaft weder zu erkennen noch zu lösen wären. HUBERT MARKL ist Recht zu geben, wenn er den Maschinenstürmern unter den Wissenschaftskritikern vorhält, dass wir schlicht nicht von dem Tiger steigen können, auf dem wir gerade reiten. Aber deswegen ist noch lange nicht gesagt, dass es einfach nur immer mehr vom selben Wissen sein muss, wie PETER WEINGART treffend festgestellt hat. Die lebensweltlichen Probleme tun uns nicht den Gefallen, sich im Rahmen fachwissenschaftlicher Zuständigkeiten zu definieren. Bloße Appelle an die Wissenschaft, sich der von ihr mitverursachten Probleme anzunehmen, werden daher nur wenig fruchten. Vielmehr muss gefragt werden, ob der gegenwärtige Wissenschaftsbetrieb für die gestellte Aufgabe gerüstet ist bzw. welche Organisationsformen besser geeignet wären. Der Wandel zur *Koevolutionswissenschaft*, wie ihn HANS-JOACHIM SCHELLNHUBER proklamiert, setzt eine gründliche Analyse des Status quo voraus.

Um Missverständnissen vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, dass die Entwicklung von Wissenschaft und Technik weiterhin Überraschungen für uns bereit halten wird, sowohl positive als auch negative. Die Zukunft und insbesondere die Zukunft des Wissens ist offen, zumindest in einem gewissen Ausmaß. Nichtintendierte Nebenwirkungen sind niemals auszuschließen. In dieser Arbeit geht es daher allein darum, ob sich Wissenschaft und Forschung so organisieren lassen, dass wir frühzeitig auf solche Nebenwirkungen aufmerksam werden, und wie Gegenstrategien effizient entworfen werden können. Der Versuch, solche Nebenwirkung gänzlich vermeiden zu wollen, wäre ein technokratisches Missverständnis.

Um sich der oben genannten Leitfrage zu nähern, wurden im **Kapitel 2** dieser Arbeit zunächst umfangreiche Modellüberlegungen zum Verhältnis von Wissenschaft und Technik angestellt und die heutige Situation des deutschen Wissenschaftssystems aus ihrem historischen Kontext heraus zu verstehen versucht. Wenn es stimmt, dass man sich Begriffe stets nach einem paradigmatischen Beispiel vorstellt, so sind es im Falle dieser Analysen die Natur- und Ingenieurswissenschaften gewesen. Das soll nicht heissen, dass etwa die Geisteswissenschaften vom eingangs formulierten Leitproblem nicht betroffen wären, sondern nur, dass eventuell einige Argumente nur für die Naturwissenschaften Gültigkeit besitzen, ohne dass darauf an jeder Stelle extra aufmerksam gemacht worden wäre.

Die Analyse der heutigen Situation im **Kapitel 3** geht von der Prognose aus, die der Wissenschaftsforscher Derek J. de Solla Price in den 60er Jahren aufstellte, nämlich, dass die Wissenschaft nach einer 300 Jahre währenden Phase wachsenden Ressourcenverbrauchs bald ihre Grenzen des Wachstums erreichen werde. In einer eigenen Studie am Beispiel Deutschlands konnte gezeigt werden, dass Price im Prinzip recht behalten hat, wenngleich der tatsächliche Kurvenverlauf nicht seiner Erwartung einer S-Kurve entsprach: Die Zahl der Professoren und Hochschulen sowie die Forschungsausgaben sind lange Zeit hyperbolisch gewachsen, bis vor ca. 20 Jahren abrupt Sättigung eintrat. Der Übergang in einen *Steady State*, wie John Ziman die neue Lage treffend beschreibt, bleibt nicht ohne Konsequenzen:

- Relevante Forschungsresultate werden seltener
- Effizienz wird das Maß aller Dinge
- Akademische Laufbahn verliert an Attraktivität
- Großforschung stößt an ihre Grenzen
- Zwang zur Priorisierung von Forschungsvorhaben verschärft sich
- Wissensbewahrung gewinnt wieder an Bedeutung

Die beiden zuletzt genannten Konsequenzen führen zu der Frage, ob die Wissenschaft überhaupt weiß, was sie alles weiß. Und vor allem: Weiß sie, was sie wissen müsste?
Dahinter sind unschwer die Leitfragen der Wissensmanagement-Debatte zu erkennen, die in den letzten Jahren sowohl in Soziologie und Betriebswirtschaftslehre als auch in der Unternehmenspraxis eine rasante Karriere gemacht hat. Bislang wurde die Diskussion aber meist aus einer einzelwirtschaftlichen, organisationalen Perspektive geführt. In der vorliegenden Arbeit wurde der Versuch unternommen, die Analyseinstrumente der Wissensmanagement-Debatte auf ein nationales Wissenschaftssystem zu übertragen. Das Vorgehen folgt dabei den von Gilbert Probst aufgestellten Bausteinen eines jeden Wissensmanagements, die zu den vier Blöcken

- Wissensbedarf durch Foresight ermitteln,
- Wissen durch Forschung produzieren,
- Wissen nutzen und transferieren sowie
- Wissen speichern und bewerten

zusammengefasst wurden, denen jeweils ein Kapitel gewidmet wurde.

Das **Kapitel 4** beginnt mit einer Analyse, wie der hohe Aufwand, der finanziell für die Wissenschaft getrieben werden muss, legitimiert werden kann: Für Vertreter der so genannten *axiomatischen Relevanz* ist die Wissenschaft – analog zur Kunst – ein Selbstzweck. Die Absicht, das menschlichen Wissen zu mehren, sei Rechtfertigung genug. Die Position der *technologischen Relevanz* interessiert sich hingegen für die extrawissenschaftliche Anwendung dieses Wissens, vorzugsweise als direkte ökonomische Verwertung von wissenschaftlichen Ergebnissen für technologische Zwecke. Die Position der *sozialen Relevanz* wurde so expliziert, dass sie die Wissenschaft weder rein als Fremd- noch als Selbstzweck ansieht. Wissenschaft steht zwar im Dienste der Gesellschaft, kann aber ihre Aufgabe, geprüftes Wissen zu produzieren, zu vermitteln und zu bewahren, am besten teilautonom erfüllen. Als vierte Position hat der Verfasser die *indirekte Relevanz* hinzugefügt, nach der Wissenschaft nicht wegen ihrer unmittelbaren Ergebnisse gefördert wird, sondern wegen des damit verbundenen Prestiges für den Finanzier. Von diesen vier verschiedenen Positionen erwies sich nur die Position der sozialen Relevanz als kompatibel mit der Problemstellung dieser Arbeit, die Wissenschaft für die Lösung der Probleme, die sie selbst mit verursacht hat, fruchtbar zu machen. Daher wurde sie den weiteren Untersuchungen zugrunde gelegt.
Die Zukunft ist inhärent offen, insbesondere die wissenschaftlich-technische Entwicklung ist niemals in toto vorhersehbar. Daher wird es immer wieder zu Überraschungen kommen, etwa in Form nichtintendierter Nebenwirkungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Daraus kann aber nicht der Schluss gezogen werden, wir könnten wegen ihrer inhärenten Risiken fortan auf Wissenschaft verzichten, denn Forschung ist der einzige Weg, auf bereits vorhandene oder kommende Risiken aufmerksam zu werden und Reaktionsstrategien zu ersinnen. Da man im Vorhinein nicht ahnen kann, wo das nächste Problem auftauchen wird, muss die Wissenschaft frei sein und dazu angeregt werden, in jeden nur erdenklichen Winkel zu schauen, um potentielle Probleme frühzeitig zu entdecken. Die Erfahrung der Vergangenheit zeigt jedoch, dass die Wissenschaft zwar meist frühzeitig erste Hinweise auf die von ihr mitverursachten Probleme gefunden hat, diese aber oft zu spät ins öffentliche Bewusstein gerückt sind. Es fehlt bisher an einem systematischen Prozess, der die jüngsten Forschungsergebnisse aufnimmt und prüft, ob sich daraus Hinweise auf negative Rückwirkungen menschlichen Tuns auf die eigenen Handlungsvoraussetzungen ergeben. Die Methoden der Zukunftsforschung könnten hier gute Dienste leisten, um durch *Research Foresight* die Chancen und Risiken der wissenschaftlichen Entwicklung zu analysieren, mit dem gesellschaftlich Wünschenswerten abzugleichen und so frühzeitig auf kommende Herausforderungen aufmerksam zu machen. Der Verfasser hat eine Reihe von *Foresight*-Methoden auf ihre Leistungskraft hin untersucht und einen Vorschlag für eine geeignete Kombination verschiedener Methoden unterbreitet.

Durch einen systematischen *Foresight*-Prozess würde man eine breite Palette drohender Probleme und denkbarer Lösungsansätze identifizieren. Daraus müssten die wichtigsten bzw. erfolgversprechendsten ausgewählt werden, da in Zeiten des *Steady State* nicht für alle Forschungsfragen ausreichend Ressourcen zur Verfügung stehen. Wie die Forschung auf gesellschaftlich relevante Fragestellungen gelenkt werden kann, damit beschäftigt sich das **Kapitel 5**.

Die Wissenschaft ist ein funktional differenziertes Teilsystem der Gesellschaft, das der Aufgabe dient, öffentliches explizites Wissen durch Forschung zu produzieren, vermittels Lehre weiterzugeben und in Bibliotheken zu bewahren. Was als Wissen gilt und was nicht, liegt in der exklusiven Entscheidungshoheit der Wissenschaft. Die grundgesetzlich verbriefte Freiheit von Forschung und Lehre bedeutet, dass kein anderes gesellschaftliches Teilsystem – etwa die Politik – den Output von Wissenschaft direkt steuern darf. Andererseits ist es möglich und teilweise auch notwendig, den Input der Wissenschaft von außen zu beeinflussen und so die Wissensproduktion indirekt zu steuern. Forschung bedarf materieller Ressourcen, die ihr von der Gesellschaft zur Verfügung gestellt werden müssen. Von diesen Ressourcen eignet sich vor allem Geld aufgrund seiner universellen Einsetzbarkeit als Steuerungsinstrument. Durch entsprechende Wahl des Forschungsförderverfahrens ist auch eine inhaltliche Steuerung der Forschung möglich, nämlich über die Fragen, deren Bearbeitung finanziert wird. Wie zuvor erläutert, ergeben sich Forschungsfragen sowohl aus dem Gang der Wissenschaft als auch in außerwissenschaftlichen Verwendungszusammenhängen. Die Forschungssteuerung hat daher die Aufgabe,

- die Allokation der erforderlichen Ressourcen zu bewerkstelligen,
- für Qualitäts- und Effizienzsicherung zu sorgen und
- ggf. ethisch motivierte Forschungseinschränkungen durchzusetzen.

Die etablierten Verfahren der Forschungssteuerung lassen sich drei Kategorien zuordnen: *Selbststeuerung* fußt auf der Vorstellung *axiomatischer Relevanz* von Wissenschaft, nach der die Wissenschaft ähnlich wie die Kunst ein Selbstzweck ist. Das einzig verfolgte Wissensziel ist hier die Mehrung gesicherten Wissens. Als Steuerungsinstanz ist allein die wissenschaftliche Gemeinschaft legitimiert. Das bedeutet, dass ausschließlich praktizierende Wissenschaftler Forschungsvorhaben vorschlagen und auswählen dürfen. Die Geldgeber haben so gut wie keinen Einfluss auf die Mittelverwendung. Selbststeuerung tritt in zwei Hauptformen auf: Zum einen als institutionelle Förderung – d. h., der Staat stellt Forschungseinrichtungen finanzielle Mittel ohne Anspruch auf Gegenleistung zur Verfügung – und zum anderen als Projektförderung über Institutionen wie die DFG, die Forschungsmittel im Wettbewerb an Wissenschaftler vergeben.
Fremdsteuerung geht mit der *technologischen Relevanz* von Wissenschaft einher. Ziel ist die außerwissenschaftliche Anwendung des generierten Wissens, vorzugsweise als direkte ökonomische Verwertung von wissenschaftlichen Ergebnissen für technologische Zwecke. Die untersuchten Fragestellungen werden von den interessierten Anwendern vorgegeben. Die Durchführenden haben nur geringen Einfluss auf die verfolgte Fragestellung, die Wahl der Untersuchungsmethoden obliegt jedoch weitgehend ihnen. Fremdsteuerung findet man in den FuE-Abteilungen der Wirtschaft und in den Ressortforschungseinrichtungen von Behörden. Als Paradebeispiel ist jedoch die Auftragsforschung anzusehen, bei der Forschungsaufträge z. B. an Fraunhofer-Institute vergeben werden.

Hybridsteuerung siedelt zwischen den beiden Extrempolen von Selbst- und Fremdsteuerung und vereint Elemente aus beiden. Sie entspricht der Position der *sozialen Relevanz*, die die Wissenschaft im Dienste der Gesellschaft sieht, aber gleichzeitig anerkennt, dass es oft erst die Wissenschaft ist, die eine realistische Formulierung gesellschaftlicher Ziele erlaubt. In die Definition von Forschungsprojekten fließen daher sowohl das Wissen von Forschern als auch die Interessen von Anwendern ein. Hybridsteuerung wird vor allem von den staatlichen Forschungsförderprogrammen betrieben. Die beiden typischen Instrumente, wie sie etwa von der EU-Kommission im 6. Forschungsrahmenprogramm eingesetzt werden, sind die Förderung von Verbundvorhaben aus Forschern und Anwendern sowie die Förderung von thematisch fokussierten Kompetenznetzen.
Welches Steuerungsverfahren angemessen ist, hängt vom Typ der Forschung ab, der gesteuert werden soll. Zu diesem Zweck wurde eine Klassifikation von Forschungstypen entwickelt, die die überholte Dichotomie zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung überwindet. Donald E. Stokes hat vorgeschlagen, die intrinsische Orientierung auf Verständnis und die extrinsische Orientierung auf Anwendung nicht als linear entgegengesetzte Ziele anzusehen, sondern als zwei unabhängige Zieldimensionen. Dieser Ansatz wurde vom Verfasser weiterentwickelt und sowohl auf die Forschung als auch auf die Technikentwicklung angewendet. Die Abbildungen 9.1 und 9.2 zeigen die resultierenden Quadrantenmodelle.

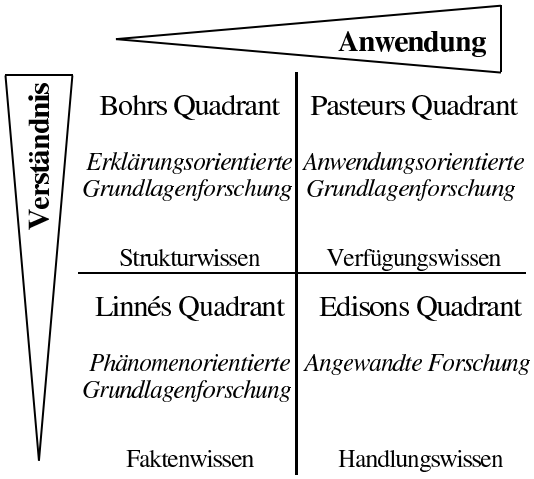

Abb. 9.1: Zielorientierung in der Forschung

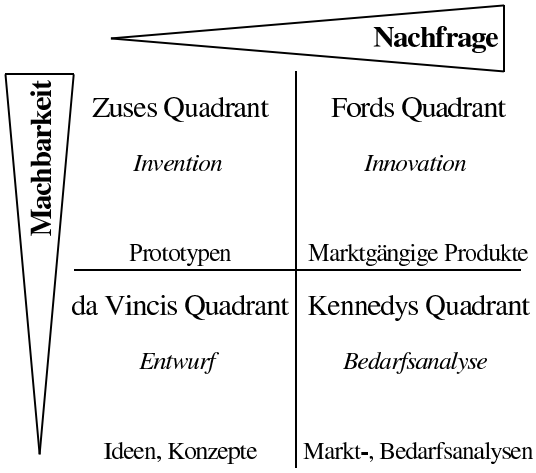

Abb. 9.2: Zielorientierung in der Technikentwicklung

Die Forschungsvorhaben in *Bohrs Quadrant* sind rein auf Verständnis hin orientiert. Solche *erklärungsorientierte Grundlagenforschung* generiert *Strukturwissen*, das Fakten in Zusammenhänge einordnet und erklärt, Vorhersagen erlaubt und Komplexität durch Theoriebildung reduziert. Strukturwissen hat einen Eigenwert an sich. Daher kommt hier allein Selbststeuerung in Frage. In Deutschland haben sich hier die DFG und die MPG bewährt. Unter Effizienzgesichtspunkten sollte jedoch der Wettbewerb innerhalb der institutionell geförderten Einrichtungen verstärkt werden, z. B. durch Einführung interner Strategiefonds. Qualitätssicherung beruht bei der Selbststeuerung immer auf *Peer Review*. Dieser neigt jedoch zum Konservativismus, so dass in Zeiten knapper Forschungsmittel originelle und riskante Vorhaben nur geringe Chancen haben. Wissenschaft wird aber wesentlich durch die Konkurrenz von Erklärungsansätzen vorangebracht. Daher wäre es sinnvoll, neue Ansätze ohne strikte Begutachtung zu fördern.

Die Forschung in *Edisons Quadrant* ist auf Anwendung hin orientiert. *Angewandte Forschung* stellt *Handlungswissen* bereit, mit dem sich Mittel zu vorgegebenen Zwecken konstruieren und auswählen lassen. Da die untersuchten Fragestellungen von den Anwendern kommen, ist Fremdsteuerung das geeignete Steuerungsverfahren. Fremdsteuerung birgt aber auch einige Risiken in sich. Forschungseinrichtungen mit hohem Fremdforschungsanteil laufen Gefahr, von der Forschungsfront abgekoppelt zu werden und in Routineaufgaben zu erstarren. Dem kann begegnet werden, wenn ihre Grundfinanzierung nicht zur Quersubventionierung von Aufträgen, sondern zum Erwerb neuer Kompetenzen durch Vorlaufforschung eingesetzt wird. Außerdem ist der Fremdsteuerung eine Fixierung auf kurzfristige Ziele inhärent. Wenn sich bei Forschungsprojekten herausstellen sollte, dass sie nicht rasch genug zu einer Anwendung führen, muss es daher Möglichkeiten geben, sie in einen anderen Quadranten zu überführen, in dem andere Förderverfahren mit anderen Leistungskriterien in Anschlag gebracht werden. Dies könnte durch verbesserte Wechselmöglichkeiten für wissenschaftliches Personal, die Öffnung des DFG-Verfahrens für alle Forschungseinrichtungen oder eine „Börse für Forschungsideen“ im Internet geschehen.

Die *anwendungsorientierte Grundlagenforschung* in *Pasteurs Quadrant* ist sowohl auf Anwendung als auch auf Verständnis hin orientiert. Sie generiert *Verfügungswissen*, mit dem sich aus Einsicht in Wirkungszusammenhänge geeignete Mittel für gegebene Zwecke bereitstellen, unscharfe Zielvorstellungen präzisieren und Zielkonflikte aufdecken lassen. In Pasteurs Quadrant sind also auch die Forschungsfragen einzuordnen, die mit der Bewältigung sich abzeichnender gesellschaftlicher Probleme verbunden sind. In Pasteurs Quadrant sind weder Selbst- noch Fremdsteuerung der Forschung das Mittel der Wahl, sondern Verfahren der Hybridsteuerung, die einen Abgleich zwischen wissenschaftlich Möglichem und gesellschaftlich Nötigem gewährleisten. Die bisherigen Verfahren sind jedoch einseitig auf die Kopplung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft über die Förderung des *Technology Push* ausgerichtet. Komplementäre Instrumente wie *Technology Procurement*, die am *Demand Pull* ansetzen und die Nachfragemacht der öffentlichen Hand zur Stimulierung technologischer Innovationen benutzen, werden bisher vernachlässigt. Vor allem ist aber zu konstatieren, dass hybride Verfahren der Forschungssteuerung bisher kaum bei politisch relevanten Problemen eingesetzt werden. Dabei bedarf die Politik in ähnlicher Weise wie die Technikgenese der wissenschaftlichen Unterstützung, da die Komplexität gesellschaftlicher Probleme den einzelnen Politiker überfordert, wie Mohssen Massarrat dargelegt hat. Die bisherigen Mechanismen der wissenschaftlichen Politikberatung gehen implizit davon aus, dass das erforderliche Beratungswissen bereits in der Wissenschaft vorhanden ist. Bei soeben erst entdeckten Problemen ist dies jedoch eine irrige Annahme – es sind bestenfalls die als nächstes zu stellenden Fragen bekannt, nicht jedoch die Antworten. Die etablierte wissenschaftliche Politikberatung, wie sie etwa in Enquete-Kommissionen des Bundestages praktiziert wird, führt in solchen Situationen unweigerlich dazu, dass der Expertenstreit von der Forschungsfront auf die politische Bühne getragen wird. In der Konsequenz sinkt die Glaubwürdigkeit der Wissenschaft, die darauf beruht, dass sie in gesicherten Wissensgebieten weitgehend konsensuales Wissen anzubieten hat. Peter Weingart konstatiert, dass die gegenwärtige Praxis der wissenschaftlichen Politikberatung sich letztlich als potentiell selbstzerstörerisch und de-legitimierend erweist. Daher sollten die Kopplungsmechanismen zwischen Politikberatung und Forschungsförderung überdacht werden. Im Kapitel 8 wird mit dem *Scout*-Modell ein Vorschlag unterbreitet.

Die Forschung in *Linnés Quadrant* ist weder auf Verständnis noch auf Anwendung hin orientiert. Hierher ist die neugierde- oder anwendungsgeleitete Beschaffung von Faktenwissen zu rechnen. Faktenwissen hat einen Eigenwert, gleichzeitig kann es aber auch für andere Forschungen oder wissenschaftsexterne Probleme relevant sein. Welches der vorgestellten Steuerungsverfahren für die *phänomenorientierte Grundlagenforschung* angemessen ist, hängt daher von der Quelle der Fragestellung ab. Unter Effizienzgesichtspunkten sollte in Zukunft jedoch stärker darauf geachtet werden, dass entweder die untersuchten Phänomenbereiche neu erschlossen werden oder ein starkes Interesse an den zu beschaffenden Fakten nachweisbar ist. Außerdem sollte geprüft werden, ob die Mittel für schon lange beforschte Felder wie die Teilchenphysik, in denen die Datensammlungen einen immer weiter eskalierenden Aufwand verlangen, zugunsten weniger erforschter und daher mit geringerem Aufwand zu untersuchender Phänomenbereiche zurückgeführt werden können.

Wie bereits erwähnt, wird in Zukunft ein verschärfter Effizienzdruck auf der Wissenschaft lasten. Bei der Einführung von Effizienzindikatoren und -maßnahmen in der Forschungssteuerung sollten jedoch deren nichtintendierten Nebenwirkungen beachtet und nach Möglichkeit vermieden werden. Simple Indikatoren, die nur den Publikationsumfang eines Forschers oder einer Forschungseinrichtung messen, führen zu Qualitätseinbußen durch eine Flut von Routineveröffentlichungen, die unter dem Schlagwort *Least Publishable Unit* berüchtigt sind, und eventuell sogar zu einer Zunahme von Betrugsfällen in der Forschung. Generell sollte nicht versucht werden, für alle Typen von Forschung einheitliche Leistungsanforderungen zu definieren, sondern diese je nach Zielorientierung der Forschung zu spezifizieren, so wie oben mit dem Quadrantenmodell vorgeschlagen. Jeder Wissenschaftler hätte dann die Chance, sich für eine von mehreren möglichen Karrierestrategien – die künftig neben den verschiedenen Rollen des Forschers auch die Rollen des Lehrers und des Kommunikators umfassen werden – zu entscheiden und damit festzulegen, an welchen Leistungskriterien er sich messen lassen will. Ergänzend sollte bei den Forschungseinrichtungen darauf geachtet werden, dass Steuerungsmodell und strategische Zielorientierung übereinstimmen.

Das **Kapitel 6** widmet sich den Mechanismen des Wissenstransfers innerhalb festgefügter Fachgemeinschaften, zwischen verschiedenen Disziplinen sowie zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Die normale innerwissenschaftliche Kommunikation ist in Fächer und Disziplinen segregiert, die ihren Ausdruck in spezialisierten Ausbildungs- und Karrierewegen, Fachgesellschaften und Fachzeitschriften finden. Der Sinn dieser Binnendifferenzierung besteht darin, durch Aufbau von Binnenkomplexität die Komplexität des wachsenden Wissensbestandes ausbalancieren zu können: Da jeder Wissenschaftler nur eine begrenzte Aufnahmekapazität hat, nimmt er primär solche Publikationen zur Kenntnis, die seine eigene Arbeit unmittelbar tangieren. Diese Segregation der Kommunikationsprozesse in Spezialgebiete wird durch das Belohnungsystem der Wissenschaft unterstützt, denn Karrierechancen sind daran geknüpft, unter engen Fachkollegen Ansehen zu gewinnen, um dieses Ansehen dann wiederum in Forschungsressourcen und erhöhte Aufmerksamkeit für die eigenen Arbeiten umzumünzen. Dieser *Credibility Cycle*, wie Bruno Latour und Steve Woolgar ihn nennen, führt automatisch zur „Marktsegregation“. Abgesehen davon zwingt die zunehmende Schwierigkeit der untersuchten Probleme in vielen Forschungsgebieten zu Arbeitsteilung und damit zu Spezialisierung.

Die großen Herausforderungen, vor denen moderne Gesellschaften heute stehen, tun uns allerdings nicht den Gefallen, sich den disziplinären Schubladen der Wissenschaft zu beugen. Einzelne Spezialfächer können keine praktikablen Lösungsstrategien für gesellschaftliche Probleme entwerfen. Daher ist zum einen profunde Sachkenntnis in den Spezialgebieten unverzichtbar, zum anderen aber auch ein Zusammenführen von Wissen aus verschiedenen Wissensgebieten erforderlich. Letzteres kann aber nicht durch einfaches Addieren vorhandener Erkenntnisse geschehen, sondern setzt eigenständige Forschungsanstrengungen in interdisziplinärer Zusammenarbeit voraus. Interdisziplinäre Forschung ist aber nicht der Normalzustand, sondern sie ist negativ sanktioniert. Wesentliche Schwierigkeiten sind Sprachbarrieren sowie fehlende Karrieremuster und Anreizstrukturen. Die Kommunikation innerhalb bestehender wissenschaftlicher Gemeinschaften zeichnet sich durch hohe Kohärenz des Vorverständnisses aus. Dieses stumme Einverständnis fehlt bei interdisziplinären Forschungsvorhaben. Um diese Hürde zu überwinden, braucht man Personen, die in mehreren Fachsprachen zu Hause sind und zwischen diesen vermitteln können. Wenn man also die Möglichkeit zu interdisziplinärer Forschung nachhaltig fördern möchte, dann sollte man mehr Generalisten ausbilden, die sich schon nach dem Studium in mehreren Fächern bewegen können. Wer Interdisziplinarität ernsthaft fördern will, der darf nicht bloß danach rufen, sondern muss auch entsprechende Karrierepfade, Anreize und Belohnungen zur Verfügung stellen.

Das **Kapitel 7** behandelt mit der Wissensspeicherung denjenigen Baustein, der sich in absehbarer Zeit am meisten verändern wird. Die wissenschaftlichen Bibliotheken stecken schon lange in einer schweren Krise, weil der Anspruch, alle relevante Literatur vor Ort vorzuhalten, zunehmend unrealistisch wird. Insbesondere bei den Zeitschriften gibt es einen Teufelskreislauf aus steigenden Preisen und sinkenden Abonnentenzahlen. Die Hoffnungen richten sich auf das elektronische Publizieren, dessen Einführung von vielen Beobachtern mit dem Epochenumbruch verglichen wird, den die Erfindung des Buchdrucks vor 500 Jahren einläutete.

Neben dem breit diskutierten Wandel von der gedruckten zur elektronischen Publikation ist die Wissenspeicherung auch noch von einem schleichenden Effekt betroffen: Während der Wachstumsphase der Wissenschaft war ein Großteil des Wissens zeitgenössisch, die jeweiligen Entdecker lebten noch. Mit dem Übergang in den *Steady State* wird diese eigentümliche Gegenwartskonzentration der Wissenschaft jedoch unweigerlich geringer, weil der Anteil des durch Forschung neu Herausgefunden im Vergleich zu dem bereits Bekannten sinkt. Dadurch wird der bisher automatisch gegebene Überblick über den Wissensbestand verloren gehen, denn Wissen, das nur in Bibliotheken steht und das keiner mehr kennt, ist totes Wissen. Dieses alte Wissen kann jedoch plötzlich wieder interessant werden, etwa dann, wenn vor Jahrhunderten angestoßene Umweltveränderungen plötzlich sichtbar werden und man schnell herausfinden muss, was damals alles darüber bekannt war. Ex ante lässt sich aber unmöglich sagen, was irgendwann in Zukunft einmal wichtig sein wird.

Das Phänomen der sinkenden Gegenwartskonzentration stellt neue Anforderungen an die wissenschaftliche Qualitätssicherung, die bisher vor allem auf der Begutachtung durch Fachkollegen *(Peer Review)* vor der Drucklegung basiert. Wenn in Zukunft aber kein Forscher mehr weiß, was eigentlich schon alles in den Bibliotheken steht, werden Generalisten benötigt, die nicht selber forschen, sondern die den Überblick über das bereits vorhandene

Wissen behalten und als Kommunikatoren dafür sorgen, dass die aktuelle Forschung an die Erkenntnisse aus der Vergangenheit und aus anderen Fachgebieten angekoppelt bleibt. Für Literaturrecherchen wäre es außerdem hilfreich, wenn die Qualitätsurteile über wissenschaftliche Arbeiten dokumentiert würden. Bisher ist beispielsweise einem gedruckten Artikel nicht direkt anzusehen, welche Relevanz und Güte er hat – weder lässt sich unmittelbar feststellen, wie oft er gelesen oder zitiert wurde, noch enthält er Verweise auf später erschienene Arbeiten, die seine Validität in Frage stellen.
Das elektronische Publizieren hätte im Prinzip das Potential, die wissenschaftliche Qualitätsicherung zu verbessern und darüber hinaus interessante neue Recherchewerkzeuge bereitzustellen. Dafür muss es sich aber vom gedruckten Vorbild lösen, wie im Anhang C skizziert. Ein ernstes Problem stellt jedoch die nach wie vor nicht gewährleistete Langzeitverfügbarkeit elektronischer Medien dar.

Das im **Kapitel 8** gezogene Fazit lautet, dass das deutsche Wissenschaftssystem nicht optimal verfasst ist, um die Wissenschaft für die Bewältigung der Herausforderungen fruchtbar zu machen, die sie selbst mit hervorgerufen hat. So fehlt es beispielsweise an einem organisierten Prozess, der die Wissenschaft systematisch beobachtet und auf potentielle Nebenwirkungen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung rechtzeitig aufmerksam macht. Sind Problemfelder erkannt, so fehlt es heute an einer effektiven Verzahnung zwischen Forschungsförderung und Politikberatung. Außerdem fehlen Ausbildungs- und Karrierewege für multidisziplinäre Generalisten, die zur interdisziplinären Entwicklung von Lösungsstrategien für gesellschaftliche Probleme unverzichtbar sind.
In Zukunft wird es vor allem darauf ankommen, die Kopplung zwischen Wissenschaft und Politik zu verbessern. Während zwischen Wissenschaft und Wirtschaft das Bindeglied der Technikentwicklung entstanden ist, fehlt der Politik bisher das Analogon einer wissenschaftsbasierten Entwicklungsabteilung. Wissenschaftliche Expertise ist aber für die Formulierung realisierbarer politischer Ziele unverzichtbar geworden. Ihren Wert als politische Legitimationsressource kann sie jedoch nur entfalten, wenn der Expertenstreit, wie er an der Forschungsfront herrscht, von der öffentlichen Bühne ferngehalten wird.
Als Ausblick wird ein Kopplungsmechanismus vorgeschlagen, der die Wissenschaft in die *Checks and Balances* der Politik einbindet, aber die funktionale Differenz zwischen Wissenschaft und Politik aufrecht erhält: Wissenschaft kann wie ein Pfadfinder lohnenswerte politische Ziele und Wege zu ihnen identifizieren, aber nicht über ihre Akzeptanz entscheiden, sondern höchstens dafür werben. Das entwickelte visionäre Konzept würde die etablierten Machtverhältnisse deutlich ändern und wäre deshalb wohl kaum kurzfristig realisierbar. Aber vielleicht kann es die weitere Diskussion über das Verhältnis von Wissenschaft und Politik befruchten.

Teil IV

Anhang

Anhang A

Daten zum Wissenschaftswachstum

Untersuchungsgebiet Das deutsche Staatsgebiet hat sich im Verlaufe der Jahrhunderte mehrfach verändert. Die untenstehende Tabelle A.1 zeigt, welche Territorien jeweils für die Untersuchungen herangezogen wurden. Die Grenzverläufe und zugehörigen Flächen wurden den Statistischen Jahrbüchern 1880, 1926 und 1952 entnommen.[1]
Der Einfachheit halber wurde die Analyse bis 1914 auf das Reichsgebiet in den Grenzen von 1871 eingeschränkt, wobei Elsass-Lothringen und zum Zollverein gehörige Gebiete wie Luxemburg von der Analyse ausgeschlossen wurden. Während der Kriegs- und Besatzungsjahre 1806-14, 1914-18 und 1938-49 sowie im Vereinigungsjahr 1990 wurden keine Auswertungen vorgenommen, um Unklarheiten im Bezug zu vermeiden.

Zeitraum	Betrachtete Territorien	Fläche in km^2
bis 1914	Deutsches Reich in den Grenzen von 1871, aber ohne Elsass-Lothringen und Luxemburg	525.000
1918 - 1934	Deutsches Reich in den Grenzen von 1925 (ohne Saarland und die abgetretenen Gebiete)	469.000
1935 - 1937	Deutsches Reich mit Saarland	471.000
1949 - 1956	Bundesrepublik Deutschland ohne Saarland, aber mit Westberlin	246.000
1957 - 1989	Bundesrepublik Deutschland mit Westberlin	248.000
1991 -	Wiedervereinigtes Deutschland	356.000

Tabelle A.1: Geographische Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

Grunddaten Die in dieser Arbeit verwendeten Indikatoren für das Wissenschaftswachstum wurden relativ zu Grunddaten wie Bevölkerung, Wirtschaftskraft und Staatsausgaben betrachtet, um durch territoriale Veränderungen sowie durch Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum verursachte Effekte unterdrücken zu können. Zu diesem Zweck wurden Zeitreihen für diese Grunddaten zusammengestellt. Da diese sicher auch für andere Untersuchungen nützlich sein können, seien sie hier ausführlich wiedergegeben.

[1] Die in anderen Quellen angegebenen Flächen differieren geringfügig von den hier ausgewiesenen. Dies ist zum einen auf unterschiedlich präzise Messungen zurückzuführen, zum anderen auf Unterschiede in der Berücksichtigung von Wasserflächen wie dem Bodensee.

Jahr	Bevölkerung (Mio.)		VE (in Mrd. M/RM/DM)		BSP (in Mrd. M/RM/DM)		Staatetat (in Mrd. M/RM/DM)		Umrechnungsfaktor in DM (1991)		Volkseinkommen pro Kopf in DM (1991)	Staatsausgaben pro Kopf in DM (1991)
1650	10	a)										
1700	14	a)										
1750	18	a)										
1800	22	a)										
1840	31,5	b)										
1860	36,2	b)										
1870	39,3	b)	10,4	1)			0,983	7)	11,170	i)	2.956	279
1875	41,0	b)	14,2	1)	17,0	6)	1,567	7)	9,944	i)	3.444	380
1880	43,5	b)	14,4	1)	17,9	6)	1,843	7)	10,123	i)	3.351	429
1885	45,1	b)	15,9	1)	19,6	6)	2,168	7)	10,779	i)	3.800	518
1890	47,6	b)	20,6	1)	23,1	6)	3,338	7)	10,092	i)	4.367	708
1895	50,3	b)	21,8	1)	25,2	6)	3,629	7)	10,936	i)	4.739	789
1900	54,3	b)	28,9	1)	32,9	6)	5,003	7)	9,675	i)	5.149	891
1905	58,5	b)	34,3	1)	38,1	6)	5,434	7)	9,598	i)	5.628	892
1910	62,7	b)	41,9	1)	48,0	6)	8,139	7)	8,923	i)	5.963	1.158
1913	65,1	c)	48,8	1)	54,7	6)	8,717	7)	8,609	i)	6.453	1.153
1921	61,8	c)					343,196	7)				
1925	62,4	c)	60,0	2)	63,0	6)	12,970	7)	6,016	ii)	5.784	1.250
1930	64,3	c)	70,2	2)	73,1	6)	18,609	7)	5,956	ii)	6.503	1.724
1934	65,6	c)	52,7	3)	56,3	6)	11,033	7)	7,382	ii)	5.930	1.242
1935	66,9	c)	57,9	3)	63,3	6)	12,703	7)	7,237	ii)	6.263	1.374
1950	49,7	d)	82,1	4)	103,2	4)	28,140	8)	4,431	ii)	7.323	2.509
1951	50,2	d)	99,5	4)	126,0	4)	36,656	9)	3,954	ii)	7.835	2.888
1952	50,6	d)	113,0	4)	143,9	4)	40,411	9)	3,776	ii)	8.432	3.016
1953	51,2	d)	121,1	4)	154,5	4)	45,819	9)	3,820	ii)	9.036	3.419
1954	51,7	d)	129,4	4)	165,1	4)	49,752	9)	3,828	ii)	9.581	3.684
1955	52,2	d)	148,4	4)	188,4	4)	51,189	9)	3,752	ii)	10.664	3.680
1956	52,8	e)	164,7	4)	208,2	4)	59,367	9)	3,655	ii)	11.399	4.110
1960	55,4	f)	240,1	4)	303,0	4)	86,928	10)	3,300	ii)	14.303	5.179
1961	56,2	f)	260,8	4)	331,4	4)	98,519	9)	3,148	ii)	14.611	5.519
1962	56,8	f)	282,1	4)	360,5	4)	109,883	9)	3,029	ii)	15.046	5.861
1963	57,4	f)	297,8	4)	382,1	4)	122,104	9)	2,938	ii)	15.245	6.251
1964	58,0	f)	327,3	4)	419,6	4)	136,165	9)	2,851	ii)	16.090	6.694
1965	58,6	f)	358,4	4)	458,2	4)	140,581	8)	2,748	ii)	16.805	6.592
1966	59,1	f)	379,8	4)	487,4	4)	146,722	8)	2,656	ii)	17.068	6.594
1967	59,3	f)	380,7	4)	493,7	4)	155,944	8)	2,615	ii)	16.786	6.876
1968	59,5	f)	418,1	4)	533,7	4)	159,190	8)	2,557	ii)	17.967	6.841
1969	60,1	f)	462,9	4)	597,8	4)	174,722	8)	2,452	ii)	18.883	7.127
1970	60,7	f)	530,4	4)	675,7	4)	196,330	8)	2,287	ii)	19.981	7.396
1971	61,3	f)	586,2	4)	750,4	4)	225,183	8)	2,123	ii)	20.301	7.798
1972	61,7	f)	643,5	4)	824,6	4)	251,271	8)	2,016	ii)	21.021	8.208
1973	62,0	f)	720,4	4)	918,8	4)	277,665	8)	1,895	ii)	22.013	8.485
1974	62,1	f)	769,7	4)	983,7	4)	315,437	8)	1,769	ii)	21.930	8.987
1975	61,8	f)	800,6	4)	1.027,7	4)	354,774	8)	1,675	ii)	21.695	9.614
1976	61,6	f)	878,2	4)	1.123,8	4)	370,369	8)	1,616	ii)	23.039	9.716
1977	61,4	f)	933,7	4)	1.195,6	4)	387,658	8)	1,558	ii)	23.689	9.835
1978	61,3	f)	1.007,1	4)	1.289,4	4)	423,802	8)	1,494	ii)	24.548	10.330
1979	61,5	f)	1.084,0	4)	1.393,8	4)	458,904	8)	1,440	ii)	25.374	10.742
1980	61,7	f)	1.139,6	4)	1.477,4	4)	498,088	8)	1,371	ii)	25.322	11.068
1981	61,7	f)	1.179,8	4)	1.539,6	4)	528,948	8)	1,316	ii)	25.166	11.283
1982	61,6	f)	1.214,2	4)	1.590,3	4)	548,184	8)	1,260	ii)	24.840	11.215
1983	61,4	f)	1.278,1	4)	1.675,7	4)	555,473	8)	1,221	ii)	25.406	11.042
1984	61,1	f)	1.347,1	4)	1.763,3	4)	568,087	8)	1,196	ii)	26.362	11.117
1985	61,0	f)	1.406,8	4)	1.834,5	4)	588,670	8)	1,172	ii)	27.020	11.306
1986	61,0	f)	1.497,5	4)	1.936,1	4)	609,988	8)	1,136	ii)	27.878	11.356
1987	61,1	f)	1.550,0	4)	2.003,0	4)	630,774	8)	1,115	ii)	28.276	11.507
1988	61,4	f)	1.635,5	4)	2.108,0	4)	647,088	8)	1,098	ii)	29.244	11.570
1989	62,1	f)	1.738,1	4)	2.249,1	4)	678,052	8)	1,072	ii)	30.002	11.704

Jahr	Bevölkerung (Mio.)	VE (in Mrd. M/RM/DM)	BSP (in Mrd. M/RM/DM)	Staatetat (in Mrd. M/RM/DM)	Umrechnungsfaktor in DM (1991)	Volkseinkommen pro Kopf in DM (1991)	Staatsausgaben pro Kopf in DM (1991)
1992	80,6 f)	2.430,3 5)	3.170,8 5)	1.034,390 8)	0,952 iii)	28.705	12.218
1993	81,2 f)	2.455,9 5)	3.248,6 5)	1.085,506 8)	0,918 iii)	27.766	12.273
1994	81,4 f)	2.547,7 5)	3.380,5 5)	1.125,374 8)	0,895 iii)	28.020	12.377
1995	81,7 f)	2.657,2 5)	3.504,5 5)	1.159,132 8)	0,877 iii)	28.532	12.446
1996	81,9 f)	2.702,4 5)	3.570,8 5)	1.152,961 8)	0,869 iii)	28.669	12.232
1997	82,1 f)	2.747,2 5)	3.642,7 5)	1.139,496 8)	0,863 iii)	28.879	11.979
1998	82,0 g)	2.820,1 5)	3.746,4 5)	1.093,422 8)	0,854 iii)	29.353	11.381
1999	82,1 g)	2.863,7 5)	3.837,3 5)	1.128,594 8)	0,850 iii)	29.639	11.681
2000	82,2 g)	2.945,1 5)	3.946,7 5)	1.130,591 8)	0,853 iii)	30.568	11.735

Tabelle A.2: Bevölkerung, Volkseinkommen und Staatsetat in Deutschland

Bevölkerung Die Bevölkerungsentwicklung wurde folgenden Quellen entnommen:

a) Christian Pfister, *Bevölkerungsgeschichte und historische Demographie 1500 - 1800*, Oldenbourg München 1994, S. 10.

b) Statistisches Jahrbuch 1913 für das Deutsche Reich, hrsg. vom Statistischen Reichsamt Berlin, S. 2f. Für 1880, 1890, 1900 und 1910 weist das Jahrbuch die Bevölkerungszahl (jeweils zur Jahresmitte) in den hier zugrunde gelegten Grenzen explizit aus. In den Zahlen für die anderen Jahre ist jedoch Elsass-Lothringen enthalten; dies wurde durch überschlägigen Abzug korrigiert.

c) Statistisches Jahrbuch 1937 für das Deutsche Reich, hrsg. vom Statistischen Reichsamt Berlin, S. 11. Für 1913 wurde Elsass-Lothringen (1,9 Mio. Einwohner um 1910 laut Jahrbuch 1913, S. 3) abgezogen. Für die Jahre 1920 - 34 wurden die Angaben für das Zollgebiet verwendet, das ungefähr dem hier zugrunde gelegten Reichsgebiet ohne Saarland entsprach.

d) Statistische Jahrbuch 1956 für die Bundesrepublik Deutschland, hrsg. vom Statistischen Bundesamt Wiesbaden, S. 30.

e) Statistische Jahrbuch 1957 für die Bundesrepublik Deutschland, hrsg. vom Statistischen Bundesamt Wiesbaden, S. 32.

f) Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden, Juli 2000, über die Bevölkerungsentwicklung der Bundesrepublik 1950 - 1997.

g) Statistisches Jahrbuch 2002 für die Bundesrepublik Deutschland, S. 44.

Wirtschaftsentwicklung Amtliche Zeitreihen zur Entwicklung von Volkseinkommen (VE) und Bruttosozialprodukt (BSP) liegen seit der Einführung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung in den 20er Jahren vor. Außerdem gab es Versuche wie die von Hoffmann (1965), solche Zeitreihen auch retrospektiv zu ermitteln. Obwohl die Daten zur Wirtschaftsentwicklung über die Jahrzehnte nicht völlig vergleichbar sind, da sich die Erhebungsmethodik im Laufe der Zeit mehrfach geändert hat, können die hier präsentierten historischen Zeitreihen trotz ihrer Ungenauigkeiten einen Eindruck von der langfristigen Wirtschaftsentwicklung geben. Die Zeitreihen für das Volkseinkommen, das Bruttosozialprodukt und den Gesamtetat der Gebietskörperschaften wurden aus folgenden Quellen ermittelt:

1) Walther Hoffmann, *Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts*, Springer Heidelberg 1965, S. 505ff., gibt das Volkseinkommen (Nettosozialprodukt zu Faktorkosten aus der Verteilungsrechnung) für die Jahre 1850 - 1960 zu laufenden Preisen an. Verwendet wurde die Zeitreihe zwischen 1870 und 1913, danach wurde auf die amtlichen Statistiken zurückgegriffen. Die retrospektiv ermittelten Werte sind bestenfalls als Schätzungen anzusehen, so dass auch die von Hoffmann (1965) vorgenommene Einbeziehung Elsass-Lothringens in das Untersuchungsgebiet (für die Jahre 1871 - 1913) nicht ins Gewicht fällt. Hoffmann schreibt auf S. 3 selbst: „Die Einbeziehung von Elsaß-Lothringen [...] ist statistisch ohne besondere Bedeutung. Von Einfluß ist sie praktisch nur für die Textilindustrie. In den meisten anderen Fällen sind die Werte für Elsaß-Lothringen wahrscheinlich kleiner als die Schätzfehler in den Reihen für das Reichsgebiet."

2) Statistisches Jahrbuch 1932 für das Deutsche Reich, S. 525.

3) Statistisches Jahrbuch 1937 für das Deutsche Reich, S. 533.

4) Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden, Juli 2000, über die Entwicklung von Volkseinkommen und Bruttosozialprodukt 1925 - 1997. Verwendet wurde die Datenreihe für die Jahre 1960 -89, bei denen der Territorialbezug mit dem hier verwendeten identisch ist. Für die Jahre 1950 -56 fehlt Westberlin, was unter der Annahme gleicher Pro-Kopf-Werte mit Hilfe der in d) und e) angegebenen Bevölkerungszahlen für Westberlin und die übrige Bundesrepublik korrigiert wurde.

5) Das Statistische Jahrbuch 2002 für die Bundesrepublik Deutschland, S. 633, bietet eine Fortschreibung der Zeitreihe aus 4), allerdings mit neuer Erhebungsmethodik ab 1990. Deshalb wurde nach 1990 diese Datenreihe verwendet. Angaben von € in DM umgerechnet (1 € = 1,95583 DM).

6) Frank R. Pfetsch, *Datenhandbuch zur Wissenschaftsentwicklung*, Zentrum für historische Sozialforschung Köln 1982, S. 68f., enthält eine historische BSP-Zeitreihe (ohne nähere Quellenbestimmung), die hier übernommen wurde.

7) Pfetsch (1982), S. 68ff., gibt die Etats des Reichs und der fünf größten Bundesländer an. Die hier angegebene Summe dürfte in etwa den Gesamtausgaben der Gebietskörperschaften entsprechen, da sich die enthaltenen Fehler (Vernachlässigung der kleineren Bundesländer und der Gemeinden sowie der Zuweisungen der Gebietskörperschaften untereinander) in etwa aufheben dürften.

8) Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden, Mai 2003, zu den bereinigten Ausgaben der Gebietskörperschaften 1950 und 1965 - 2000. Angaben ohne Sozialversicherung.

9) Gesamtausgaben von Bund, Ländern und Gemeinden nach HIS [Hrsg.], *Die Kulturausgaben der Länder, des Bundes und der Gemeinden 1950 bis 1967*, Beltz Weinheim 1972, S. 39f.

10) Das Statistische Jahrbuch 1962, S. 440, weist für das Rumpfrechnungsjahr 1960 (9 Monate) als bereinigte Gesamtausgaben der Gebietskörperschaften 65,196 Mrd. DM aus. Linear von 9 auf 12 Monate extrapoliert.

Umrechnung in konstante Preise Die nominalen Geldbeträge zu laufenden Preisen sind bis 1923 in Mark (M), zwischen 1925 und 1937 in Reichsmark (RM) und ab 1949 in Deutschen Mark (DM) angegeben. Um die intertemporäre Vergleichbarkeit zu verbessern, ist es üblich, Geldbeträge in konstanten Preisen auszudrücken. Dazu dienen die verschiedenen im Gebrauch befindlichen Preis- oder Inflationsindices. Da es keine FuE-Preisindices gibt, wurde hier auf den Deflator des BSP zurückgegriffen. Mit Hilfe verschiedener Zeitreihen konnte zunächst von laufenden Preisen in konstante Preise der Basisjahre 1913, 1936, 1991 und 1995 umgerechnet werden:

i) Hoffmann (1965), S. 825ff., bietet eine Zeitreihe 1850 - 1959 des Nettosozialprodukts zu Marktpreisen aus der Verwendungsrechnung in laufenden Preisen und in Preisen von 1913. Allerdings sind die Werte vor 1880 mit den anderen nicht voll vergleichbar, da dort eine andere Definition des Nettosozialprodukts zu Grunde gelegt wurde. Diese Zeitreihe wurde benutzt, um Angaben in laufenden Preisen zwischen 1870 und 1913 in konstante Preise von 1913 umzurechnen.

ii) Die in 4) angegebene Zeitreihe für das BSP in laufenden Preisen und Preisen von 1936 (für die Jahre 1925 - 38) bzw. 1991 (für 1950 - 89) wurde benutzt, um zwischen 1925 und 1989 in konstante Preise von 1936 bzw. 1991 umzurechnen.

iii) Die in 5) angegebene Zeitreihe für das BSP in laufenden Preisen und Preisen von 1995 wurde benutzt, um zwischen 1990 und 2000 in konstante Preise von 1995 umzurechnen.

Von diesen Basisjahren aus konnte unter Zuhilfenahme weiterer Angaben aus den Statistischen Jahrbüchern (JB) einheitlich in konstante Preise von 1991 umgerechnet werden:

zwischen		Referenzwerte							Quelle
1913	1928	VE 1913	45,693	Mrd. M	(1913)	69,326	Mrd. RM	(1928)	JB (1936)
1928	1936	BSP 1928	52,1	Mrd. RM	(1928)	41,7	Mrd. RM	(1936)	4)
1936	1952	BSP 52/II	34,839	Mrd. RM	(1936)	65,411	Mrd. DM	(1952)	JB (1953)
1952	1991	BSP 1952	137,9	Mrd. DM	(1952)	520,7	Mrd. DM	(1991)	4)
1995	1991	BSP 1991	3369,0	Mrd. DM	(1995)	2955,7	Mrd. DM	(1991)	JB (1996)

A.1 Liste aller Hochschulen

Hochschule	Typ		von	bis	Bemerkung	Quelle
Aachen FH	FH	*	1971 -			b)
Aachen PH	PH	*	1945 -	1980 f	mit RWTH fusioniert	a)
Aachen RWTH	TH	*	1870 -			a), b)
Aalen	FH	*	1962 -			b)
Albstadt-Sigmaringen	FH	*	1971 -			b)
Alfeld	PH	*	1946 -	1969 f	mit Hildesheim fusioniert	a)
Altdorf	U	*	1622 -	1809 †		
Arnberg-Weiden	FH	*	1994 -			b)
Anhalt	FH	*	1991 -			b)
Ansbach	FH	*	1996 -			b)
Aschaffenburg	U	*	1808 -	1814 †		a)
Augsburg FH	FH	*	1710 -		KM, später f mit techn. FS	b), c)
Augsburg U	PH	*	1958 -	1970 u		a)
	U	u	1970 -			a), b)
Bad Honnef	FH	*	2000 -			b)
Bamberg PH	PH	*	1958 -	1972 f	mit GHS fusioniert	a)
Bamberg U	U	*	1647 -	1803 †	zeitweise nur PhTh	a), b)
	PhTh	‡	1923 -	1939 †		a)
	PhTh	‡	1945 -	1972 u		a)
	GHS	u	1972-		seit 1979 U	a), b)
Bayreuth PH	PH	*	1936 -	1941 †		a)
		‡	1958 -	1974 f	mit Uni fusioniert	a)
Bayreuth U	U	*	1972 -		umstritten: * 1972/1975	a), b)
Benediktbeuren	PhTh	*	1931 -			b)
Berlin ASFH	FH	*	1971 -			b)
Berlin EAP	WH	*	1973 -			b),c)
Berlin EvFH	Theo	*	1904 -			b)
Berlin FHTW	FH	*	1994 -			b)
Berlin FHVR	FH	*	1973 -			b)
Berlin FHW	FH	*	1971 -			b)
Berlin FU	U	*	1948 -			a), b)
Berlin HdK	KM	*	1699 -		umstritten: * 1699/1945	a), b)
Berlin HfM	KM	e	1990 -		gegründet 1950	a), b)
Berlin HfS	KM	*	1905 -	1945 a		b)
		e	1990 -			b)
Berlin HU	U	*	1810 -	1945 a		a), b)
		e	1990 -			b)
Berlin KathFH	Theo	*	1917 -			b)
Berlin SHB	WH	*	1998 -			b), c)
Berlin TFH	FH	*	1971 -			b)
Berlin TU	TH	*	1879 -			a), b)
Berlin-Weißensee	KM	e	1990 -		gegründet 1946	b)
Bethel	Theo	*	1905 -	1939 †		a), b)
		‡	1945 -			a), b)
Beuthen	PH	*	1930 -	1941 †		a)
Biberach	FH	*	1964 -			b)
Bielefeld FH	FH	*	1972 -			b)
Bielefeld PH	PH	*	1946 -	1980 f	mit Uni fusioniert	a)
Bielefeld U	U	*	1969 -			a), b)
Bingen	FH	*	1996 -			b)
Bochum	FH	*	1971 -			b)
Bochum TFH	FH	*	1816 -			b)
Bochum U	U	*	1962 -		umstritten: * 1962/1965	a), b)
Bonn FH-Bibl	FH	*	1921 -			b)
Bonn PH	PH	*	1926 -	1941 †	‡ nach 1945 unklar	a)
Bonn U	U	*	1786 -	1798 †		a)
		‡	1818 -			a), b)

Hochschule	Typ		von	bis	Bemerkung	Quelle
Bonn-Rhein-Sieg FH	FH	*	1995 -			b)
Brandenburg	FH	*	1992 -			b)
Braunsberg	PhTh	*	1817 -	1944 †		a)
Braunschweig HBK	KM	*	1963 -			a), b)
Braunschweig PH	PH	*	1945 -	1978 f	mit TU fusioniert	a)
Braunschweig TU	TH	*	1745 -		umstritten: * 1745/1862	a), b)
Braunschweig-Wolfenbüttel	FH	*	1928 -			b)
Bremen H	FH	*	1982 -			b)
Bremen HfK	KM	*	1873 -			b)
Bremen IU	IH	*	1999 -			b)
Bremen U	PH	*	1947 -	1971 u		a)
	U	u	1971 -			a), b)
Bremerhaven	FH	*	1975 -			b)
Breslau KuAk	KM	*	1792 -	1832 †		a)
		‡	1911 -	1932 †		a)
Breslau PH	PH	*	1930 -	1932 †		a)
		‡	1937 -	1941 †		a)
Breslau TH	TH	*	1910 -	1945 a		a)
Breslau	U	*	1702 -	1945 a	Außenstelle in Frankfurt/O.	a)
Bruchsal	IH	*	1998 -			b), c)
Bützow	U	*	1758 -	1789 †		a)
Chemnitz	TH	e	1990 -		TH seit 1953	a), c)
Clausthal	TH	*	1775 -		Bergakademie, TU seit 1968	a), b)
Coburg	FH	*	1812 -			b)
Cottbus PH	PH	*	1930 -	1941 †		a)
Cottbus TH	TH	u	1991 -		Vorläufer seit 1969	a), b)
Danzig	TH	*	1904 -	1919 a		a)
Darmstadt EvFH	Theo	*	1971 -			b)
Darmstadt FernFH	FH	*	1996 -			b)
Darmstadt FH	FH	*	1876 -			b)
Darmstadt PH	PH	*	1935 -	1941 †		a)
Darmstadt TU	TH	*	1877 -			a), b)
Deggendorf	FH	*	1994 -			b)
Detmold	KM	*	1946-			a), b)
Dillingen	U	*	1554 -	1804 †		a)
	PhTh	‡	1923 -	1971 f	mit Augsburg fusioniert	c)
Dortmund FH	FH	*	1890 -			b)
Dortmund ISM	FH	*	1990 -			b)
Dortmund PH	PH	*	1929 -	1941 †		a)
		‡	1965 -	1980 f	mit Uni fusioniert	a)
Dortmund U	U	*	1962 -		umstritten: * 1962/1969	a), b)
Dresden EvH	Theo	*	1991 -			b)
Dresden HfBK	KM	*	1764 -	1945 a		a), b)
		e	1990 -			b)
Dresden HfKM	KM	e	1990 -		gegründet 1945/1949	a), b)
Dresden HfM	KM	*	1856 -	1945 a		b)
		e	1990 -			b)
Dresden HfTanz	KM	*	1925 -	1945 a		b)
		e	1990 -			b)
Dresden HTW	FH	u	1992 -		Ingenieurschulen als Vorläufer	b), c)
Dresden PH	PH	*	1935 -	1941 †		a)
Dresden TU	TH	*	1890 -	1945 a	Vorläufer seit 1828	a), c)
		e	1990 -			a), b)
Duisburg	U	*	1655 -	1818 †		a)
	GHS	‡	1972 -		seit 1980 U-GHS	a), b)
Duisburg-Kett	PH	*	1946 -	1972 f	mit GHS fusioniert	a)
Düsseldorf	FH	*	1971 -			b)
Düsseldorf HfM	KM	*	1935 -			b)
Düsseldorf KuAk	KM	*	1769 -	1805 †		a)

Hochschule	Typ		von	bis	Bemerkung	Quelle
		‡	1814 -		‡ umstritten: 1814/1819	a), b)
Düsseldorf U	Med	*	1907 -	1965 u		a)
	U	u	1965 -			a), b)
Eberswalde	FH	*	1830 -	1945 a	Agrarhochschule	b)
		e	1990 -			b)
Eichstätt PH	PH	*	1959 -	1972 f	mit GHS fusioniert	a)
Eichstätt U	PhTh	*	1843 -	1972 u		a), b)
	GHS	u	1972 -		seit 1980 Kath. Universität	a, b)
Elbing	PH	*	1926 -	1941 †		a)
Elmshorn	FH	*	1992 -			b)
Erfurt FH	FH	e	1990 -		gegründet 1946	b)
Erfurt PH	PH	e	1990 -		gegründet 1969	a), b)
Erfurt TheoFak	PhTh	e	1990 -		gegründet 1952	b), c)
Erfurt U	U	*	1392 -	1816 †		a)
		‡	1994 -			b)
Erlangen	U	*	1743 -			a), b)
Essen FOM	FH	*	1994 -			b)
Essen HfM	KM	*	1927 -		umstritten: * 1927/1963	a), b)
Essen U	PH	*	1946 -	1972 u		a)
	GHS	u	1972 -			a), b)
Esslingen FHS	FH	*	1917 -			b)
Esslingen FHT	FH	*	1868 -			b)
Esslingen PH	PH	*	1935 -	1941 †		a)
		‡	1962 -	1984 †		a)
Flensburg FH	FH	*	1886 -			b)
Flensburg U	PH	*	1946 -	2000 u		a), b)
	U	u	2000 -			b), c)
Frankfurt/Main FH	FH	*	1971 -			b)
Frankfurt/Main HfB	FH	*	1990 -			b)
Frankfurt/Main HfBK	KM	*	1828 -		umstritten: * 1828/1942	a), b)
Frankfurt/Main HfM	KM	*	1878 -		umstritten: * 1878/1938	a), b)
Frankfurt/Main PH	PH	*	1927 -	1939 †		a)
Frankfurt/Main PhTh	PhTh	*	1926 -			a), b)
Frankfurt/Main U	WH	*	1901 -	1914 u		a)
	U	u	1914 -			a), b)
Frankfurt/Oder PH	PH	*	1930 -	1941 †		a)
Frankfurt/Oder U	U	*	1506 -	1811 f	mit Breslau fusioniert	a)
		‡	1991 -			b)
Freiberg	TH	*	1765 -	1945 a	Bergakademie	a), b)
		e	1990 -			a), b)
Freiburg EvFH	Theo	*	1972 -			b)
Freiburg HfM	KM	*	1946 -			a), b)
Freiburg KathFH	Theo	*	1918 -			b)
Freiburg PH	PH	*	1962 -			a), b)
Freiburg U	U	*	1457 -		umstritten: * 1457/1460	a), b)
Friedensau	Theo	*	1990 -		Vorläufer seit 1899	b), c)
Fulda FH	FH	*	1974 -			b)
Fulda U	U	*	1734 -	1804 u		a)
	PhTh	u	1804 -			a), b)
Furtwangen	FH	*	1850 -			b)
Gelsenkirchen	FH	*	1992 -			b)
Gießen	U	*	1607 -	1624 †		a), b)
		‡	1650 -	1945 †		a)
		‡	1957 -			a), b)
Gießen-Friedberg	FH	*	1971 -			b)
Göttingen FH	FH	*	1995 -			b)
Göttingen PH	PH	*	1946 -	1968 f	mit Uni fusioniert	a)
Göttingen U	U	*	1736 -		umstritten: * 1736/1737	a), b)
Greifswald	U	*	1456 -	1945 a		a), b)
		e	1990 -			a), b)

Hochschule	Typ		von	bis	Bemerkung	Quelle
Hagen PH	PH	*	1963 -	1965 †		a)
Hagen U	GHS	*	1974 -		Fernuni	a), b)
Halle HfKM	KM	*	1926 -	1945 a		b)
		e	1990 -			b)
Halle KfKD	KM	*	1915 -	1945 a	umstritten: * 1915/1958	a), b)
		e	1990 -			b)
Halle PH	PH	*	1930 -	1941 †		a)
Halle U	U	*	1694 -	1945 a	Außenstelle in Wittenberg	a), b)
		e	1990 -			a), b)
Hamburg BLS	IH	*	2000 -		Typ unklar	b)
Hamburg EvFH	Theo	*	1834 -			b)
Hamburg FernFH	FH	*	1997 -			b)
Hamburg FH	FH	*	1970 -			b)
Hamburg HfBK	KM	*	1767 -		umstritten: * 1767/1954	a), b)
Hamburg HfM	KM	*	1950 -			a), b)
Hamburg HWP	WH	*	1948 -			a), b)
Hamburg U	U	*	1919 -			a), b)
Hamburg UBw	MH	*	1972 -		umstritten: * 1972/1973	a), b)
Hamburg-Altona	PH	*	1930 -	1941 †	Unterbrechung 1932-36	a)
Hamburg-Harburg	TH	*	1978 -			b)
Hannover EvFH	Theo	*	1905 -			b)
Hannover FH	FH	*	1791 -			b)
Hannover FHDW	FH	*	1996 -			b)
Hannover GISMA	WH	*	1999 -			b)
Hannover HfM	KM	*	1943 -		umstritten: * 1943/1950	a), b)
Hannover MedH	Med	*	1963 -		umstritten: * 1963/1965	a), b)
Hannover PH	PH	*	1930 -	1941 †	Unterbrechung 1932-34	a)
		‡	1946 -	1978 f	mit TH fusioniert	a)
Hannover TiHo	Vet	*	1778 -		umstritten: * 1778/1887	a), b)
Hannover U	TH	*	1831 -		umstritten: * 1831/1879	a), b)
Harz	FH	*	1991 -			b)
Heidelberg FH	FH	*	1969 -			b)
Heidelberg HfKM	KM	*	1931 -			b)
Heidelberg HJS	Theo	*	1979 -		Jüdische Hochschule	b), c)
Heidelberg PH	PH	*	1904 -	1941 †	umstritten: * 1904/1934	a), b)
		‡	1962 -			a), b)
Heidelberg U	U	*	1385 -		umstritten: * 1385/1386	a),b)
Heilbronn	FH	*	1961 -			b)
Helmstedt	U	*	1576 -	1809 †		a)
Herborn	U	*	1584 -	1816 †		a)
Herford	KM	*	1948 -			b)
Hildesheim-Holzminden	FH	*	1831 -			b)
Hildesheim	PH	*	1969 -	1978 u		a)
	U	u	1978 -			b)
Hirschberg	PH	*	1930 -	1941 †		a)
Hof	FH	*	1994 -			b)
Hohenheim	FH	*	1818 -	1967 u	umstritten: * 1818/1847	a), b)
	U	u	1967 -			b), c)
Idstein	FH	*	1848 -			b)
Ilmenau	FH	*	1894 -	1945 a		b), c)
	TH	e	1990 -		TH ab 1963, TU ab 1992	a), c)
Ingolstadt FH	FH	*	1994 -			b)
Ingolstadt U	U	*	1472 -	1800 v	nach Landshut verlegt	a)
Iserlohn	FH	*	1824 -			b)
Isny	FH	*	1945 -			b)
Jena FH	FH	*	1991 -			b)
Jena PH	PH	*	1934 -	1941 †		a)
Jena U	U	*	1558 -	1945 a		b)
		e	1990 -			a), b)
Kaiserslautern FH	FH	*	1970 -			b)

Hochschule	Typ		von	bis	Bemerkung	Quelle
Kaiserslautern U	PH	*	1946 -	1970 u		a)
	U	u	1970 -			a), b)
Karlsruhe AkdBK	KM	*	1854 -		umstritten: * 1854/1892	a), b)
Karlsruhe FH	FH	*	1878 -			b)
Karlsruhe HfGest	KM	*	1992 -			b)
Karlsruhe HfM	KM	*	1812 -		umstritten: * 1812/1929	a), b)
Karlsruhe PH	PH	*	1936 -	1941 †		a)
		‡	1962 -			a), b)
Karlsruhe U	TH	*	1825 -		umstritten: * 1825/1865	a), b)
Kassel KuAk	KM	*	1777 -	1945 †		a)
		‡	1960 -	?	Schließungsdatum unklar	a), b)
Kassel	U	*	1632 -	1652 †		a)
	GHS	‡	1970 -		‡ umstritten: 1970/1971	a), b)
Kempten	FH	*	1977 -			b)
Kiel FH	FH	*	1969 -			b)
Kiel FHKuG	FH	*	1994 -			b)
Kiel U	U	*	1665 -			a), b)
Koblenz FH	FH	*	1996 -			b)
Koblenz PH	PH	*	1934 -	1941 †		a)
		‡	1946 -	1969 f	mit Landau fusioniert	a), c)
Koblenz WHU	WH	*	1984 -			b)
Koblenz-Landau	U	u	1990 -		zuvor PH Landau	b), c)
Köln DSHS	SH	*	1920 -		umstritten: * 1920/1947	a), b)
Köln FH	FH	*	1971 -			b)
Köln HfM	KM	*	1845 -		umstritten: * 1845/1925	a), b)
Köln KuHMedien	KM	*	1990 -			
Köln RheinFH	FH	*	1958 -			b)
Köln PH I	PH	*	1946 -	1980 f	mit Uni fusioniert	a)
Köln PH II	PH	*	1946 -	1980 f	mit Uni fusioniert	a)
Köln U	U	*	1386 -	1798 †	umstritten: * 1386/1388	a), b)
		‡	1919 -			a)
Königsberg KuAk	KM	*	1845 -	1945 a		a)
Königsberg	U	*	1544 -	1945 a		a)
Königsberg WH	WH	*	1915 -	1945 a		a)
Königstein	PhTh	*	1949 -	1973 †		a)
Konstanz FH	FH	*	1906 -			b)
Konstanz U	U	*	1966 -			a), b)
Lahr HB	FH	*	1991 -			b)
Landau	PH	*	1946 -	1990 u	jetzt Koblenz-Landau	a), c)
Landshut U	U	v	1800 -	1826 v	von Ingolstadt, nach München	a)
Landshut FH	FH	*	1978 -			b)
Lauenburg	PH	*	1933 -	1941 †		a)
Lausitz	FH	*	1991 -			b)
Leipzig FHTelekom	FH	e	1990 -		gegründet 1945	b)
Leipzig HandelsH	WH	*	1898 -	1945 a		b)
		e	1990 -			b)
Leipzig HB	FH	*	1992 -			b)
Leipzig HfGuB	KM	*	1763 -	1945 a	umstritten: * 1763/1764	a), b)
		e	1990 -			b)
Leipzig HMT	KM	*	1843 -	1945 a	umstritten: * 1843/1941	a), b)
		e	1990 -			b)
Leipzig HTWK	TH	e	1990 -	1991 u	TH seit 1954	a)
	FH	u	1992 -			b)
Leipzig PH	PH	*	1926 -	1941 †		a)
Leipzig U	U	*	1409 -	1945 a		a),b)
		e	1990 -			a), b)
Lippe	FH	*	1971 -			b)
Lörrach	PH	*	1966 -	1984 †		a)
Lübeck FH	FH	*	1808 -			b)
Lübeck HfM	KM	*	1911 -		umstritten: * 1911/1973	a), b)

Hochschule	Typ		von	bis	Bemerkung	Quelle
Lübeck MedU	Med	*	1964 -		umstritten: * 1964/1973	a), b)
Ludwigsburg	PH	*	1964 -		* und †/‡ umstritten	a), b)
Ludwigshafen EvFH	Theo	*	1948 -			b)
Ludwigshafen FH	FH	*	1996 -			b)
Lüneburg	PH	*	1946 -	1978 u		a), b)
	U	u	1978 -			a), b)
Magdeburg FH	FH	u	1991 -		Vorläufer seit 1953	a), b)
Magdeburg U	U	*	1993 -			b)
Mainz FH	FH	*	1996 -			b)
Mainz KathFH	Theo	*	1971 -			b)
Mainz U	U	*	1477 -	1798 †		a), b)
		‡	1946 -			a)
Mannheim FHS	FH	*	1916 -			b)
Mannheim FHTG	FH	*	1898 -			b)
Mannheim HfM	KM	*	1971 -			a), b)
Mannheim U	WH	*	1907 -	1933 †		a), b)
		‡	1946 -	1967 u		a)
	U	u	1967 -			a), b)
Marburg	U	*	1527 -			a), b)
Merseburg	FH	u	1992 -		Vorläufer seit 1954	a), b)
Mittweida	FH	*	1867 -	1945 a	umstritten: * 1867/1969	a), b)
		e	1990 -			b)
Moritzburg	Theo	*	1925 -	1945 a		b)
		e	1990 -			b)
München AkdBK	KM	*	1808 -			a), b)
München FH	FH	*	1971 -			b)
München HFF	KM	*	1966 -		umstritten: * 1966/1967	b)
München HfM	KM	*	1830 -		umstritten: * 1830/1892	b)
München KathFH	Theo	*	1909 -			b)
München TH	TH	*	1868 -			a), b)
München U	U	v	1826 -		aus Landshut verlegt	a), b)
München UBw	MH	*	1973 -			a), b)
München-Pasing	PH	*	1935 -	1941 †		a)
		‡	1958 -	1972 f	mit Uni fusioniert	a)
München-Pullach	PhTh	*	1925 -			a), b)
Münster FH	FH	*	1971 -			b)
Münster KuAk	KM	*	1971 -			b)
Münster PhTh	PhTh	*	1971 -			b)
Münster U	U	*	1773 -	1818 †	umstritten: * 1773/1780	a), b)
		‡	1902 -			a)
Neu-Ulm	FH	*	1998 -			b)
Neubrandenburg	FH	*	1991 -			
Neuendettelsau	Theo	*	1947 -	1972 u		a), b)
	GHS	u	1972 -			a), b)
Neuss	PH	*	1961 -	1972 f	mit Duisburg fusioniert	a)
Neuwied	PH	*	1964 -	1969 †		a)
Niederrhein FH	FH	*	1971 -			b)
Norddeutsche KathFH	Theo	*	1971 -			b)
Nordhausen	FH	*	1997 -			b)
Nordhessen FH	FH	*	1997 -			b)
NO-Niedersachsen FH	FH	*	1971 -			b)
NRW KathFH	Theo	*	1926-			b)
Nürnberg AkdBK	KM	*	1662 -	1664 †		a), b)
		‡	1949 -			a), b)
Nürnberg EvFH	Theo	*	1927 -			b)
Nürnberg FH	FH	*	1823 -			b)
Nürnberg PH	PH	*	1958 -	1972 f	mit Erlangen fusioniert	a)
Nürnberg WH	WH	*	1919 -	1961 f	mit Erlangen fusioniert	a)
Nürnberg-Augsburg	KM	*	1999 -			b)
Nürtingen FH	FH	*	1972 -			b)

Hochschule	Typ		von	bis	Bemerkung	Quelle
Nürtingen FHKunst	FH	*	1987 -			b)
Oberursel	Theo	*	1947 -			a), b)
Oestrich-Winkel	WH	*	1971 -			b)
Offenbach	KM	*	1970 -			a), b)
Offenburg	FH	*	1971 -			b)
Oldenburg PH	PH	*	1936 -	1941 †		a)
		‡	1945 -	1974 †		a)
Oldenburg U	U	*	1973 -		umstritten: * 1973/1974	a), b)
Oldenburg-Wilhemshaven	FH	*	2000 -			b)
Osnabrück FH	FH	*	1971 -			b)
Osnabrück PH	PH	*	1946 -	1970 †		a)
Osnabrück U	U	*	1973 -		umstritten: * 1973/1974	a), b)
Ottersberg	FH	*	1967 -			b)
Paderborn FHDW	FH	*	1992 -			b)
Paderborn PH	PH	*	1946 -	1972 f	mit GHS fusioniert	a)
Paderborn TheoFak	PhTh	u	1818 -		aus Uni entstanden	c)
Paderborn U	U	*	1614 -	1818 u	Umwandlung in TheoFak	a), c)
	GHS	‡	1972 -			a), b)
Passau	PhTh	*	1773 -	1803 †		a)
		‡	1923 -	1973 u		a)
	U	u	1973 -		u umstritten: 1973/1978	a), b)
Pforzheim	FH	*	1877 -			b)
Potsdam FH	FH	*	1991 -			b)
Potsdam U	U	u	1991 -		PH seit 1948	a), b)
Potsdam-Babelsberg	KM	e	1990 -		gegründet 1954	a), b)
Ravensburg-Weingarten	FH	*	1964 -			b)
Regensburg FH	FH	*	1971 -			b)
Regensburg PH	PH	*	1958 -	1972 f	mit Uni fusioniert	a)
Regensburg U	U	*	1962 -		umstritten: * 1962/1967	a), b)
Rendsburg	FH	*	1980 -			b)
Reutlingen	FH	*	1855 -			b)
Reutlingen-Ludwigsburg	Theo	*	1918 -			b)
Rheinland-Westfalen-Lippe	Theo	*	1927 -			b)
Riedlingen	FH	*	1996 -			b)
Rinteln	U	*	1621 -	1809 †		a)
Rosenheim	FH	*	1971 -			b)
Rostock HMT	KM	*	1994 -			b)
Rostock PH	PH	*	1926 -	1941 †		a)
Rostock U	U	*	1419 -	1945 a		a), b)
		e	1990 -			a), b)
Rottenburg FH	FH	*	1954 -			b)
Rottenburg HfKM	KM	*	1949 -			b)
Saar HBK	KM	*	1989 -			b)
Saarbrücken HMT	KM	e	1957 -		gegründet 1947	a), b)
Saarbrücken HTW	FH	*	1971 -			b)
Saarbrücken KathHS	Theo	*	1981 -			b)
Saarbrücken PH	PH	*	1957 -	1978 f	mit Uni fusioniert	a)
Saarbrücken U	U	e	1957 -		gegründet 1948	a), b)
Sankt Augustin	PhTh	*	1925 -			b)
Schmalkalden	FH	*	1991 -			b)
Schneidemühl	PH	*	1936 -	1941 †		a)
Schwäbisch Gmünd FH	FH	*	1909 -			b)
Schwäbisch Gmünd PH	PH	*	1962 -			a), b)
Siegen	GHS	*	1972 -			a), b)
Speyer	VH	*	1947 -			a), b)
Stralsund	FH	*	1991 -			b)
Stuttgart AkdBK	KM	*	1761 -	1794 †		a)

Hochschule	Typ		von	bis	Bemerkung	Quelle
		‡	1867 -		‡ umstritten: 1867/1941	a), b)
Stuttgart FHBibl	FH	*	1942 -			b)
Stuttgart FHT	FH	*	1832 -			b)
Stuttgart HDM	FH	*	1953 -			b)
Stuttgart HfM	KM	*	1857 -			a), b)
Stuttgart MAk	FH	*	1985 -			b)
Stuttgart SIMT	IH	*	1998 -			b), c)
Stuttgart U	U	*	1781 -	1794 †		a)
	TH	‡	1829 -		‡ umstritten: 1829/1876	a), b)
Tharandt	FH	*	1816 -	1929 f	mit TU Dresden fusioniert	c)
Trier FH	FH	*	1971 -			b)
Trier PH	PH	*	1931 -	1941 †		a)
		‡	1946 -	1970 f	mit Uni fusioniert	a)
Trier TheoFak	PhTh	*	1950 -		zuvor Priesterseminar seit 1805	b), c)
Trier U	U	*	1473 -	1798 †		a)
		‡	1970 -			a), b)
Trossingen HfM	KM	*	1944 -			a), b)
Tübingen HfKM	KM	*	1945 -			b)
Tübingen U	U	*	1477 -			a), b)
Ulm	U	*	1967 -			a), b)
Vallendar	PhTh	*	1979 -		Vorläufer seit 1896	b), c)
Vechta	PH	*	1946 -	1973 f	mit Osnabrück fusioniert	a), c)
	U	s	1995 -		von Osnabrück abgespaltet	b), c)
Vechta-Diepholz	FH	*	1998 -			b)
Wedel	FH	*	1948 -			b)
Weihenstephan	FH	*	1804 -		Agrarhochschule	b)
Weilburg	PH	*	1927 -	1939 †		a)
		‡	1946 -	1963		a)
Weilheim-Bierbronnen	PhTh	*	1989 -			b)
Weimar HfM	KM	*	1872 -	1945 a	umstritten: * 1872/1930	a), b)
		e	1990 -			b)
Weimar U	KM	*	1860 -	1945 a	umstritten: * 1860/1910	a), b)
	U	e	1990 -		Bauhochschule seit 1950	a), b)
Weingarten	PH	*	1949 -		umstritten: * 1949/1962	a), b)
Westküste FH	FH	*	1994 -			b)
Wiesbaden	FH	*	1971 -			b)
Wildau	FH	*	1991 -			b)
Wilhelmshaven	PH	*	1946 -	1969 †		a)
Wismar	FH	*	1908 -	1945 a	umstritten: * 1908/1969	a), b)
		e	1990 -			b)
Wittenberg	U	*	1502 -	1817 f	mit Halle fusioniert	a)
Witten-Herdecke	U	*	1982 -		umstritten: * 1982/1983	a), b)
Worms FH	FH	*	1996 -			b)
Worms PH	PH	*	1949 -	1969 f	mit Landau fusioniert	a), c)
Wuppertal KH	Theo	*	1935 -			a), b)
Wuppertal U	PH	*	1946 -	1972 u		a)
	GHS	u	1972 -			a), b)
Würzburg-Schweinfurt	FH	*	1972 -			b)
Würzburg HfM	KM	*	1797 -		umstritten: * 1797/1973	a), b)
Würzburg PH	PH	*	1935 -	1941 †		a)
		‡	1958 -	1972 f	mit Uni fusioniert	a)
Würzburg U	U	*	1402 -	1413 †		a), b)
		‡	1582 -			a)
Zittau	IH	*	1993 -			b), c)
Zittau-Görlitz	FH	*	1992 -			b)
Zwickau	FH	*	1862 -	1945 a	umstritten: * 1862/1969	a), b)
		e	1990 -			b), c)

Tabelle A.3: Liste aller deutschen Hochschulen

Hochschultypen Die deutsche Hochschullandschaft zeichnet sich durch eine Vielzahl von Hochschularten aus. In der Tabelle A.3 wurden alle untenstehenden Typen erfasst. Aufgrund von Abgrenzungsproblemen wurden Verwaltungsfachhochschulen nicht berücksichtigt.
Die in der Tabelle A.3 ausgewiesenen Kürzel beziehen sich auf den Typ der Hochschule bei Gründung. Wenn die als Datenbasis benutzten Quellen Ellwein (1985) und HRK (2000) einen Wechsel des Hochschultyps berichteten, wurde dies vermerkt. Zwischen TH/TU sowie zwischen GHS/U-GHS wurde dabei jedoch nicht unterschieden.

FH	Fachhochschule
GHS	Gesamthochschule
IH	Internationale Hochschule
KM	Kunst- oder Musikhochschule
Med	Medizinische Hochschule
MH	Militärhochschule
PH	Pädagogische Hochschule
PhTh	Philosophisch-Theologische Hochschule
SH	Sporthochschule
TH	Technische Hochschule
Theo	Theologische Hochschule
TU	Technische Universität
U	Universität
U-GHS	Universität-Gesamthochschule
Vet	Veterinärmedizinische Hochschule
VH	Verwaltungshochschule
WH	Wirtschaftshochschule

Zeitangaben Bei den Zeitangaben wurden die unten aufgeführten Ereignisse vermerkt. Bei widersprüchlichen Angaben in den Quellen wurde stets der frühere Zeitpunkt als maßgeblich angesehen.

*	Gründung
†	Auflösung
‡	Wiedergründung
a	Ausscheiden aus Untersuchungsgebiet
e	Eintritt ins Untersuchungsgebiet
f	Fusion
s	Abspaltung
u	Umwandlung
v	Verlegung

Quellen Die gegenwärtig in Deutschland existierenden Hochschulen wurden aus HRK (2000) entnommen. Die Hochschulliste der HRK gibt zu jeder Hochschule auch das Gründungsjahr und ihren gegenwärtigen Typ an, wobei die Klassifizierung der Hochschulrektorenkonferenz leicht von der hier verwendeten abweicht.
Ellwein (1985) bietet ergänzend eine Liste aller Hochschulen, die vor 1983 jemals im deutschsprachigen Raum existiert haben. Zwar enthält diese Liste keine Fachhochschulen,

dafür aber detailliertere Angaben zum Hochschultyp und eventuellen Unterbrechungen der Existenz als HRK (2000).
Die Tabelle A.3 wurde aus diesen beiden Quellen kompiliert, in Zweifelsfällen ergänzt um eigene Recherchen auf der Homepage der jeweiligen Hochschule. Konsistenztest mit anderen Quellen wie den Statistischen Jahrbüchern (1880 - 2002) und Eulenburg (1904) zeigen, dass die Tabelle A.3 weitgehend vollständig ist. Nichtsdestotrotz wurden Hinweise auf weitere Hochschulen gefunden, z. B. die Existenz weiterer Tierärztlicher Hochschulen sowie zweier Sporthochschulen im Berlin der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts. Da sich für diese Hochschulen keine Gründungs- und Abwicklungsdatum ermitteln ließ, wurden sie nicht in Tabelle A.3 eingetragen. Größere Lücken als bei den wissenschaftlichen Hochschulen im engeren Sinne dürfte die Tabelle bei den Pädagogischen Hochschulen und den Fachhochschulen aufweisen. Dies hat mehrere Gründe:

- Die Pädagogischen Hochschulen sind sehr oft reorganisiert worden, wie schon ein Blick auf Tabelle A.3 zeigt. Manche Einrichtungen sind binnen eines Jahrzehnts geschlossen, wiedergegründet und mit anderen fusioniert worden. Diese Entwicklung ließ sich nicht völlig konsistent aus den benutzten Quellen rekonstruieren.

- Das Konzept der Fachhochschulen ist in der heutigen Form zwar erst vor dreißig Jahren entstanden, aber nicht ohne Grund reklamieren viele FHs für ihre Vorläufer denselben Status und verlagern ihren Gründungszeitpunkt entsprechend weit in die Vergangenheit. Nun führen die benutzten Quellen aber nur die heute noch existenten Fachhochschulen auf, nicht aber die in früherer Zeiten ähnliche Aufgaben erfüllenden höheren Fach- und Ingenieurschulen, die heute nicht mehr bestehen. Beispielsweise haben viele Technische Hochschulen Vorläufer in Gewerbeschulen oder Fachschulen für Ingenieure gehabt. Daher rühren die differierenden Angaben in den Quellen zum Gründungszeitpunkt der THs.

- Die eben genannten Umstände machen deutlich, wie unscharf die Abgrenzung der PHs und FHs gegen andere Formen der Lehrer- bzw. Technikerausbildung ist. Ähnliches gilt auch für die Theologisch-Philosophischen Hochschulen und ihr Verhältnis etwa zu Priesterseminaren.

a) Thomas Ellwein, *Die deutsche Universität. Vom Mittelalter bis zur Gegenwart*, Athenäum Königstein/Taunus 1985, S. 306ff.

b) *Hochschulliste Stand Juli 2000*, Hochschulrektorenkonferenz Bonn 2000.

c) Eigene Recherche auf der Homepage der jeweiligen Hochschule.

A.2 Professoren und Hochschulen

Jahr	Professoren		Hochschulen								Prof.	HS
			U[2]	TH[3]	KM[4]	PH[5]	Theo[6]	FH[7]	sonst.[8]	ges.	je 1 Mio. Einwohner	
1650	350	1)	26	-	-	-	-	-	-	26	35	2,6
1700	550	2)	28	-	1	-	-	-	-	29	39	2,1
1758	850	3)	33	1	1	-	-	1	-	36	47	2,0
1796	950	4)	34	3	7	-	1	2	1	48	43	2,2
1840	1.200	5)	19	6	11	-	4	13	1	54	38	1,7
1860	1.300	6)	19	6	18	-	4	16	1	64	36	1,8
1880	2.000	7)	19	10	22	-	4	22	1	78	46	1,8
1900	2.600	8)	19	11	22	-	4	26	2	84	48	1,5
1921	3.300	9)	23	12	26	1	11	32	7	112	53	1,8
1925	4.500	10)	23	12	27	1	16	32	7	118	72	1,9
1930	5.400	11)	23	12	29	16	21	32	7	140	84	2,2
1934	5.100	12)	23	12	29	19	22	32	6	143	78	2,2
1952	4.000	13)	16	9	26	25	26	31	7	140	79	2,8
1960	5.700	14)	18	9	28	34	26	35	7	157	103	2,8
1966	7.300	15)	23	9	30	43	26	40	7	178	124	3,0
1972	20.771	16)	32	9	33	22	28	70	17	211	337	3,4
1976	25.526	16)	35	9	33	19	26	73	20	215	414	3,5
1982	29.330	16)	38	10	33	9	29	77	20	216	476	3,5
1988	30.609	16)	38	10	33	8	29	78	21	217	500	3,5
1992	34.702	16)	48	15	48	8	34	105	22	280	431	3,5
1995	37.672	16)	51	15	49	8	34	115	23	295	461	3,6
1997	37.668	16)	51	15	49	8	34	127	23	307	459	3,7
2000	37.794	17)	52	15	50	7	34	131	29	318	460	3,9

Tabelle A.4: Zeitliche Entwicklung der Professoren- und Hochschulanzahl

Quellen Die jeweilige Anzahl der Hochschulen wurde aus Tabelle A.3 ermittelt. Die Anzahl der Professuren wurde bis 1966 aus Angaben in Eulenburg (1904) und den Statistischen Jahrbüchern rekonstruiert. In diesen beiden Quellen sind jedoch nicht alle Hochschulen erfasst, so dass die Gesamtzahl der Professuren nur abgeschätzt werden konnte, indem auf alle in Tabelle A.3 berücksichtigten Hochschulen hochgerechnet wurde. Als Professoren wurden dabei alle Festangestellten mit Lehr- und Prüfungsbefugnis an den in Tabelle A.3 aufgeführten Hochschultypen gezählt, d. h. ordentliche, außerordentliche und außerplanmäßige Professoren, nicht jedoch Lehrbeauftragte, Assistenten, Privatdozenten, Emeriti sowie Gast- und Honorarprofessoren. Für die Jahre ab 1972 konnte eine aggregierte Zeitreihe vom Statistischen Bundesamt erhalten werden.

[2] Universitäten ohne Technische Universiäten, Gesamthochschulen und Universität-Gesamthochschulen. Die Technischen Universitäten sind unter „TH“ erfasst, die Gesamthochschulen unter „Sonstige“.

[3] Technische Hochschulen einschließlich der Technischen Universitäten.

[4] Kunst- und Musikhochschulen.

[5] Pädagogische Hochschulen.

[6] Theologische und Philosophisch-Theologische Hochschulen sowie kirchliche Fachhochschulen.

[7] Fachhochschulen ohne Verwaltungsfachhochschulen. Die kirchlichen Fachhochschulen sind unter „Theo“ erfasst.

[8] Übrige Hochschultypen aus A.3.

1) Franz Eulenburg, *Die Frequenz der deutschen Universitäten von ihrer Gründung bis zur Gegenwart*, Akademie Verlag Berlin 1994 (Nachdruck, ursprünglich in: *Abhandlungen der philosophisch-historischen Klasse der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, Bd. 24, II, Leipzig 1904), S. 318, nennt für Jahre um 1650 als Professorenstärke der Universitäten: Bamberg (1648) 9, Gießen (1650) 12, Jena (1629) 18. Daraus resultiert ein Mittel von 13 Professoren pro Uni, multipliziert mit der Anzahl der Universitäten (26) erhält man 338 Professoren landesweit.

2) Eulenburg (1904), S. 318, nennt für Jahre um 1700 als Professorenstärke der Universitäten: Innsbruck (1692) 17, Halle (1695) 16, Gießen (1699) 21, Jena (1697) 21 Professoren. Daraus resultiert ein Mittel von 19 Professoren pro Uni, multipliziert mit der Anzahl der Universitäten (28) erhält man 532 Professoren landesweit. Die darüber hinaus existierende Kunstakademie ist sehr klein gewesen und hat wahrscheinlich nicht mehr als fünf Lehrkräfte beschäftigt.

3) Eulenburg (1904), S. 318, weist 525 Ordinarien an 24 (von 33) Universitäten nach. Linear extrapoliert auf die Gesamtzahl der Universitäten erhält man 722 Ordinarien. Neben den Ordinarien sind zunehmend Extraordinarien an den Hochschulen anzutreffen, deren Anteil 1758 an der gesamten Professorenschaft von Eulenburg (1904), S. 249, auf 15% beziffert wird. Dies entspricht 130 Extraordinarien bei insgesamt 850 Professoren. Die darüber hinaus bestehenden drei nichtuniversitären Hochschulen dürften eine zu vernachlässigende Anzahl Professoren beschäftigt haben.

4) Eulenburg (1904), S. 318, weist 668 Ordinarien an 32 (von 34) Universitäten nach. Linear extrapoliert erhält man 710 Ordinarien für alle Hochschulen. Hinzu kommen die Extraordinarien, die laut Eulenburg (1904), S. 249, einen Anteil von 16% an der Professorenschaft ausmachten. In Summe erhält man etwa 850 Professoren.

   Hinzu kommen 14 nichtuniversitäre Hochschulen, deren Professorenzahl wie folgt abgeschätzt wird: Laut Statistischem Jahrbuch waren 1921 an den 23 Universitäten 2.365, an 10 Technischen Hochschulen 491 und an weiteren 55 Hochschulen 294 Professoren beschäftigt. Aufgrund dieser Zahlen – etwa 100 Professoren pro Uni, 50 Professoren pro TH und je fünf Professoren an jeder anderen Hochschule – wird für frühere Zeiten angenommen, dass an jeder Technischen Hochschulen jeweils halb so viele Professoren wie an einer regulären Uni beschäftigt waren. Die übrigen Hochschultypen werden mit 5 Professoren pro Hochschule abgeschätzt. Dies erscheint vernünftig, denn die hauptsächlich von dieser Abschätzung betroffenen Kunst- und Musikhochschulen sind auch heute kaum viel größer. Für 1796 ergibt sich damit das folgende Bild: An den drei Technischen Hochschulen waren $\frac{3}{2} \cdot \frac{850}{34} = 38$ Professoren beschäftigt, an den übrigen elf Hochschulen 55. In Summe waren es an allen Hochschulen also etwa 950.

5) Eulenburg (1904), S. 248, gibt 886 ordentliche und außerordentliche Professoren an den 19 Universitäten an. Ferner bestanden 6 Technische Hochschulen und 29 andere Hochschulen. Mit der bei 4) erläuterten Abschätzung erhält man 1.170 Professoren.

6) Eulenburg (1904), S. 248, weist 923 ordentliche und außerordentliche Professoren an den 19 Universitäten nach. Daneben bestanden 6 Technische Hochschulen und 39 andere Hochschulen. Nach den unter 4) erläuterten Abschätzungen erhält man 1.260 Professoren.

7) Eulenburg (1904), S. 248, weist 1.380 ordentliche und außerordentliche Professoren an den 19 Universitäten nach. Daneben bestanden 10 Technische Hochschulen und 49 andere Hochschulen. Nach den unter 4) erläuterten Abschätzungen erhält man 2.000 Professoren insgesamt.

8) Eulenburg (1904), S. 248, weist 1.832 ordentliche und außerordentliche Professoren an den 19 Universitäten nach. Daneben bestanden 11 Technische Hochschulen und 54 andere Hochschulen. Nach den unter 4) erläuterten Abschätzungen erhält man 2.630 Professoren insgesamt.

9) Das Statistische Jahrbuch (1921/22), S. 329ff., weist für 1921 insgesamt 3.152 aktive Professoren an 86 namentlich genannten Hochschulen aus. Unter diesen Hochschulen sind einige, die in der eigenen Aufstellung A.3 nicht enthalten sind; insgesamt führt die eigene Aufstellung jedoch 26 Hochschulen mehr auf als das Statistische Jahrbuch. Dabei handelt es sich überwiegend um heutige Fachhochschulen – damals als Ingenieurfachschulen bezeichnet – und Kunst-/Musikhochschulen. Unterstellt man diesen Hochschulen einen Durchschnitt von 5 Professoren pro Hochschule, erhält man eine geschätzte Gesamtprofessorenzahl von 3.280.

10) Das Statistische Jahrbuch (1926), S.402ff., weist für 1925 an 83 Hochschulen insgesamt 4.366 Professoren nach. Nach der eigenen Aufstellung A.3 gab es damals 35 weitere Hochschulen. Dabei handelt es sich überwiegend um heutige Fachhochschulen und Kunst-/Musikhochschulen. Nach der schon zuvor benutzten Abschätzung von 5 Professoren pro Hochschule dieser Typen lag die Gesamtprofessorenzahl also um etwa 175 höher.

11) Das Statistische Jahrbuch (1931), S. 432ff., weist für 1930 an 92 Hochschulen insgesamt 5.163 Professoren nach. Nach der eigenen Aufstellung A.3 gab es damals 48 weitere Hochschulen. Dabei handelt es sich überwiegend um neu gegründete Pädagogische Hochschulen sowie um heutige Fachhochschulen und Kunst-/ Musikhochschulen. Nach der schon zuvor benutzten Abschätzung von 5 Professoren pro Hochschule dieser Typen lag die Gesamtprofessorenzahl also um etwa 240 höher.

12) Das Statistische Jahrbuch (1934), S. 536ff., weist für 1934 an 71 Hochschulen[9] insgesamt 4.767 Professoren nach. Nach der eigenen Aufstellung A.3 gab es damals 72 weitere Hochschulen. Dabei handelt es sich überwiegend um heutige Fachhochschulen – damals als Ingenieurfachschulen bezeichnet – und Kunst-/Musikhochschulen. Nach der schon zuvor benutzten Abschätzung von 5 Professoren pro Hochschule dieser Typen lag die Gesamtprofessorenzahl also um etwa 360 höher.

13) Das Statistische Jahrbuch (1954), S. 96ff., weist für 1952 insgesamt 3.145 Professoren an 51 namentlich genannten wissenschaftlichen Hochschulen aus, zu denen die Universitäten, Technischen Hochschulen, Philosophisch-Theologischen Hochschulen sowie einige sonstige Hochschulen gehören. In diesen Zahlen sind 257 Professoren an 4 Hochschulen in Westberlin enthalten. Daneben bestanden nach der eigenen Aufstellung A.3

[9] Bei der Zählung der Hochschulen wurden stets nur diejenigen berücksichtigt, für die das Statistische Jahrbuch auch Angaben zur Zahl der Professoren macht. Im Jahrbuch 1934 sind die Lücken besonders groß – von den 93 namentlich genannten Hochschulen liegen nur für 71 Professorenzahlen vor.

weitere 89 Hochschulen, hauptsächlich Pädagogische Hochschulen sowie Kunst- und Musikhochschulen. Es wird angenommen, dass diese Einrichtungen etwa die gleiche Größe wie die Philosophisch-Theologischen Hochschulen hatten, deren mittlere Professorenzahl um 1960 laut Angaben in den Statistischen Jahrbüchern etwa 10 betrug. Entsprechend lässt sich die Zahl der Professoren an den 89 weiteren Hochschulen auf etwa 900 hochrechnen.

14) Das Statistische Jahrbuch (1962), S. 108, weist für 1960 insgesamt 4.575 Professoren an 48 namentlich genannten wissenschaftlichen Hochschulen aus. Analog zu 13) lässt sich die Zahl der Professoren an den 109 weiteren Hochschulen auf etwa 1.100 hochrechnen.

15) Das Statistische Jahrbuch (1969), S. 85, weist für 1966 insgesamt 5.997 Professoren an 47 namentlich genannten wissenschaftlichen Hochschulen aus. Die Zahl der Professoren an den 131 übrigen Hochschulen wird analog zu 13) mit 1.300 abgeschätzt.

16) Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden, Juli 2000, zum Hochschulpersonal 1972 - 1998.

17) Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden, März 2003, zum Hochschulpersonal 1992 - 2001.

A.3 Ausgaben für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung

Jahr	Staatliche Wissenschaftsausgaben				FuE-Ausgaben			insgesamt	
	real (Mio. DM)	pro Kopf	Anteil am BSP	Anteil am Etat	Staat (Mio. DM)	Wirtschaft (Mio. DM)	Stiftungen (Mio. DM)	pro Kopf	am BSP
1870	117 a)	3		1,1%	31,4 1)				
1875	256 a)	6	0,15%	1,6%	65,7 1)				
1880	276 a)	6	0,15%	1,5%	49,5 1)				
1885	299 a)	7	0,14%	1,3%	68,4 1)				
1890	330 a)	7	0,14%	1,0%	71,9 1)				
1895	413 a)	8	0,15%	1,0%	88,9 1)				
1900	515 a)	9	0,16%	1,1%	106,5 1)				
1905	681 a)	12	0,19%	1,3%	117,7 1)				
1910	814 a)	13	0,19%	1,1%	152,2 1)				
1913	877 a)	13	0,19%	1,2%	163,7 1)				
1925	1.702 a)	27	0,45%	2,2%	456,1 1)				
1930	2.142 a)	33	0,49%	1,9%	499,1 1)				
1934	2.211 a)	34	0,53%	2,7%	650,2 1)				
1935	2.353 a)	35	0,51%	2,6%	924,6 1)				
1950	1.950 b)	39	0,43%	1,6%	725,3 1)	886,2 b)	66,5 b)	34	0,37%
1951	1.993 b)	40	0,40%	1,4%	737,4 1)	790,9 b)	98,9 b)	32	0,33%
1952	2.409 b)	48	0,44%	1,6%	891,3 1)	1.132,8 b)	113,3 b)	42	0,39%
1953	2.919 b)	57	0,49%	1,7%	1.079,9 1)	1.528,1 b)	118,4 b)	53	0,46%
1954	3.219 b)	62	0,51%	1,7%	1.191,1 1)	1.531,2 b)	130,2 b)	55	0,45%
1955	3.508 b)	67	0,50%	1,8%	1.284,1 1)	2.251,4 b)	142,6 b)	70	0,52%
1956	4.225 b)	80	0,56%	1,9%	1.546,5 1)	2.916,8 b)	160,8 b)	88	0,61%
1960	7.763 a)	140	0,78%	2,7%	3.671,9 1)	5.178,2 b)	194,7 b)	163	0,90%
1961	8.816 c)	157	0,84%	2,8%	4.169,8 1)	5.897,1 b)	245,6 b)	183	0,99%
1962	10.603 c)	187	0,97%	3,2%	6.901,0 2)	6.513,2 2)	187,8 2)	239	1,25%
1963	12.342 c)	215	1,10%	3,4%	7.719,4 2)	7.845,8 2)	243,9 2)	275	1,41%
1964	14.827 c)	256	1,24%	3,8%	9.101,3 2)	9.349,4 2)	253,8 2)	322	1,56%
1965	16.761 c)	286	1,33%	4,3%	10.292,9 2)	11.155,7 2)	258,3 2)	370	1,72%
1966	17.795 c)	301	1,37%	4,6%	11.208,0 2)	11.951,7 2)	265,6 2)	396	1,81%
1967	19.872 c)	335	1,54%	4,9%	12.540,3 2)	12.569,1 2)	279,8 2)	428	1,97%
1968	20.455 c)	344	1,50%	5,0%	12.682,1 2)	13.945,2 2)	271,0 2)	452	1,97%
1969	22.173 d)	369	1,51%	5,2%	13.910,7 2)	15.688,1 2)	360,4 2)	498	2,04%
1970	25.560 d)	421	1,65%	5,7%	15.778,0 2)	17.401,5 2)	434,5 2)	554	2,18%
1971	29.427 d)	480	1,85%	6,2%	18.468,9 2)	18.543,3 2)	668,7 2)	615	2,37%
1972	31.388 d)	509	1,89%	6,2%	19.349,0 2)	18.502,5 2)	544,2 2)	622	2,31%
1973	33.528 d)	541	1,93%	6,4%	19.608,5 2)	18.233,0 2)	503,9 2)	618	2,20%
1974	36.797 d)	593	2,11%	6,6%	20.082,0 2)	18.295,0 2)	495,4 2)	626	2,23%
1975	37.452 d)	606	2,18%	6,3%	20.155,1 2)	19.748,2 2)	519,2 2)	654	2,35%
1976	36.434 d)	591	2,01%	6,1%	19.877,2 2)	20.362,0 2)	517,1 2)	662	2,24%
1977	36.312 d)	591	1,95%	6,0%	19.628,2 2)	21.978,9 2)	498,5 2)	686	2,26%
1978	37.848 d)	617	1,96%	6,0%	20.574,9 2)	25.206,9 2)	493,1 2)	755	2,40%
1979	40.566 e)	660	2,02%	6,1%	21.750,8 2)	26.867,1 2)	132,4 2)	793	2,43%
1980	41.775 e)	677	2,06%	6,1%	21.971,5 2)	27.275,8 2)	164,5 2)	801	2,44%
1981	41.808 e)	678	2,06%	6,0%	22.717,6 2)	28.712,5 2)	201,4 2)	837	2,55%
1982	42.790 e)	695	2,14%	6,2%	23.383,1 2)	29.469,8 2)	205,4 2)	861	2,65%
1983	42.969 e)	700	2,10%	6,3%	22.431,7 2)	31.058,2 2)	205,0 2)	875	2,63%
1984	43.163 f)	706	2,05%	6,4%	22.656,4 2)	32.308,2 2)	182,9 2)	903	2,62%
1985	45.317 g)	743	2,11%	6,6%	23.986,2 2)	36.423,9 2)	155,8 2)	993	2,82%
1986	45.518 g)	746	2,07%	6,6%	23.813,2 2)	38.170,3 2)	219,2 2)	1020	2,83%
1987	46.548 g)	762	2,08%	6,6%	24.180,7 2)	41.052,9 2)	265,3 2)	1072	2,93%
1988	47.228 g)	769	2,04%	6,6%	24.240,9 2)	42.531,3 2)	309,6 2)	1093	2,90%
1989	48.508 g)	781	2,01%	6,7%	24.775,7 2)	44.160,7 2)	348,4 2)	1116	2,87%
1992	47.324 h)	587	1,57%	4,8%	28.577,2 3)	45.742,7 3)	269,4 3)	925	2,47%
1993	46.941 h)	578	1,57%	4,7%	27.550,5 3)	44.362,7 3)	219,4 3)	888	2,42%
1994	46.032 h)	566	1,52%	4,6%	26.920,7 3)	43.087,0 3)	227,4 3)	863	2,32%
1995	46.637 h)	571	1,52%	4,6%	27.132,3 3)	43.460,9 3)	178,1 3)	866	2,30%

Jahr	Staatliche Wissenschaftsausgaben				FuE-Ausgaben			insgesamt	
	real (Mio. DM)	pro Kopf	Anteil am BSP	Anteil am Etat	Staat (Mio. DM)	Wirtschaft (Mio. DM)	Stiftungen (Mio. DM)	pro Kopf	am BSP
1996	47.548 h)	581	1,53%	4,7%	27.376,1 3)	43.586,5 3)	213,7 3)	869	2,29%
1997	46.147 i)	562	1,47%	4,7%	26.470,5 3)	45.835,5 3)	238,2 3)	884	2,31%
1998	45.739 i)	558	1,43%	4,9%	26.316,9 3)	48.137,5 3)	256,9 3)	911	2,34%
1999	46.190 i)	563	1,42%	4,8%	26.193,7 3)	53.909,3 3)	340,7 3)	980	2,47%
2000	47.561 i)	579	1,41%	4,9%	26.660,4 3)	56.588,5 3)	349,0 3)	1017	2,48%

Tabelle A.5: Zeitliche Entwicklung der deutschen FuE-Ausgaben

Wissenschaftsausgaben Zu den staatlichen Wissenschaftsausgaben zählen die Aufwendungen der Gebietskörperschaften für Hochschulen, Forschungseinrichtungen, FuE-Projekte sowie wissenschaftliche Service-Einrichtungen. Dank der Untersuchungen von Frank R. Pfetsch liegen hierzu historische Datenreihen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts vor. Seit 1965 liefern die *Bundes-* bzw. *Faktenberichte Forschung* außerdem regelmäßig amtliche Daten, die im Wesentlichen auf Erhebungen des Stifterverbands beruhen. Alle Nominalwerte wurden mit dem in Tabelle A.2 angegebenen Deflator in DM (1991) umgerechnet. Die Anteile am Etat und am BSP sowie die Ausgaben pro Kopf wurden unter Zuhilfenahme der Grunddaten aus Tabelle A.2 errechnet.[10]

a) Frank R. Pfetsch, *Datenhandbuch zur Wissenschaftsentwicklung*, Zentrum für historische Sozialforschung Köln 1982, S. 64f., gibt zwischen 1870 und 1940 die jährlichen nominalen Wissenschaftsausgaben des Reichs und der fünf größten Bundesländer an – die Wissenschaftsausgaben der übrigen Gebietskörperschaften sind vernachlässigbar. Zwischen 1950 und 1975 sind die Wissenschaftsausgaben von Bund und Ländern in Fünfjahresschritten analysiert worden.[11]

b) *Wissenschaftsausgaben der Wirtschaft 1964*, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft Essen 1967, S. 14ff.

c) *Bundesbericht Forschung IV*, BMFT Bonn 1972, S. 101.

d) *Bundesbericht Forschung VI*, BMFT Bonn 1979, S. 388.

e) *Bundesbericht Forschung 1984*, BMFT Bonn 1984, S. 340.

f) *Faktenbericht Forschung 1986*, BMFT Bonn 1986, S. 250.

g) *Faktenbericht Forschung 1990*, BMFT Bonn 1990, S. 338.

h) *Faktenbericht Forschung 1998*, BMBF Bonn 1998, S. 370.

i) *Faktenbericht Forschung 2002*, BMBF Bonn 2002, S. 347.

[10] Die in Tabelle A.5 angegebenen Anteile an BSP und Etat weichen teilweise von gleichnamigen Angaben in anderen Quellen ab, z. B. den *Bundesberichten Forschung* oder Grupp (2002), S. 53. Dies ist auf unterschiedliche Operationalisierungen der Bezugsgrößen zurückzuführen.

[11] Ergänzende Hinweise: Die Daten in Pfetsch (1982) weichen teilweise ab von derselben Zeitreihe in Frank R. Pfetsch, *Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland 1750 - 1914*, Duncker & Humblot Berlin 1974, S. 69f. Eine alternative Methode der Deflationierung (mit dem Deflator der öffentlichen Ausgaben) bietet Frank R. Pfetsch, *Staatliche Wissenschaftsförderung in Deutschland 1870 - 1975*, in: Rüdiger vom Bruch und Rainer Müller [Hrsg.], *Formen außerstaatlicher Wissenschaftsförderung im 19. und 20. Jahrhundert – Deutschland im europäischen Vergleich*, Franz Steiner Verlag Stuttgart 1990, S. 119. Nach 1960 liegen die von Pfetsch (1982) angegebenen Wissenschaftsausgaben systematisch über den amtlichen Angaben der *Bundesberichte Forschung*.

FuE-Ausgaben PFETSCH hat bei seinen wissenschaftshistorischen Studien auch den Anteil der staatlichen Ausgaben für Forschung und experimentelle Entwicklung (FuE) bestimmt. Daten für die FuE-Aufwendungen der Wirtschaft liegen erst für die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg vor. Die Zuwendungen von Stiftungen haben in Relation zu den FuE-Aufwendungen von Staat und Wirtschaft mit der Zeit immer weiter an Gewicht verloren, so dass die Unsicherheiten in der Zeitreihe nicht so sehr ins Gewicht fallen. Beispielsweise unterscheiden die Quellen nicht sauber zwischen Wissenschafts- und FuE-Zuwendungen. Außerdem müssten hier auch noch die Eigenerlöse der Forschungsorganisationen aus Patenten etc. berücksichtigt werden – mangels belastbarer Zeitreihen wurde jedoch darauf verzichtet.

1) Pfetsch (1982), S. 181, weist in Spalte 480 aus, welcher (prozentuale) Anteil der staatlichen Wissenschaftsausgaben für Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung aufgewendet wurde. Da PFETSCH nur in Fünfjahresschritten aggregierte Prozentwerte errechnet hat, musste der FuE-Anteil für die Jahre 1913, 1921 und 1934 aus den auf S. 182ff. angegebenen Absolutwerten für Reich und Länder selbst ermittelt werden. Mangels Daten wird für die Jahre 1951 bis 1954 angenommen, dass der FuE-Anteil bei 37% lag – PFETSCH gibt einen Wert von 37,2% für 1950 und 36,6% für 1955 an. Für 1956 und 1961 wird angenommen, dass der FuE-Anteil jeweils identisch mit dem des Vorjahres gewesen sei (d. h. 36,6% bzw. 47,3%).

2) Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden, Juli 2000, über die Entwicklung der deutschen FuE-Ausgaben 1962 - 1997.

3) *Faktenbericht 2002*, BMBF Bonn 2002, S. 348.

Anhang B

Fallstudie: Prospektion von Zukunftstechnologien

B.1 Auftrag und Genese des Projekts

Nordrhein-Westfalen (NRW) ist das Energieland Nr. 1 unter den deutschen Bundesländern. In der Vergangenheit durch Kohle und Kernkraft geprägt, wird in letzter Zeit zunehmend versucht, auch mit Technologien der rationellen Energienutzung und der regenerativen Energieerzeugung für Arbeitsplätze im Energiesektor des Landes zu sorgen. Die Landesministerien und nachgeordneten Behörden sahen jedoch angesichts begrenzter personeller Ressourcen und der Vielfalt neuer Energietechnologien externen Beratungsbedarf, um aus einem Überblick über relevante technologische Entwicklungen eine integrierte Förderpolitik abzuleiten. Anfang 1999 vergab daher das nordrhein-westfälische Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr einen Forschungsauftrag mit dem Titel „Der Beitrag von Technologien der rationellen Energienutzung und der regenerativen Energieerzeugung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen – Identifikation und Bewertung von Zukunftstechnologien unter besonderer Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in NRW“ an das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Zu den Aufgaben und Zielen des Projekts heißt es in der Vorstudie[1]: „Im Rahmen des Projekts sollen [...]

- Zukunftstechnologien identifiziert, beschrieben und bewertet werden
- das zugehörige Marktpotential abgeschätzt werden
- die Bedeutung der Technologieentwicklung und Markteinführung für Strukturwandel und Beschäftigung in NRW diskutiert werden
- Vorschläge für die Markteinführung abgeleitet werden
- Impulse für die Wirtschafts- und Forschungspolitik des Landes gegeben werden.“

Die Projektlaufzeit betrug drei Jahre (1999 - 2002). Während der gesamten Projektlaufzeit standen anderthalb Wissenschaftlerstellen ergänzt um eine HiWi-Stelle sowie Sachmittel zur Verfügung. De facto wurde die Arbeit von einem Projektteam geleistet, dem zeitweilig bis zu 10 Personen angehörten, darunter mehrere studentische Hilfskräfte, Praktikanten und Doktoranden, zu denen auch der Verfasser gehörte.

[1] Manfred Fischedick, Ingrid Rode und Stephan Ramesohl, *Identifikation und Bewertung von Zukunftstechnologien unter besonderer Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in NRW. Endbericht Vorstudie*, Wuppertal Institut 1999.

B.2 Ablauf des Projekts

Wie Abbildung B.1 zeigt, lässt sich das Projekt in drei Phasen gliedern:

1. Anlegen der Technologiebibliothek (Juli 1999 - August 2000)
2. Auswahl relevanter Technologien (September 2000 - April 2001)
3. Ausarbeiten von Handlungsempfehlungen (Mai 2001 - Mai 2002)

Parallel zur inhaltlichen Arbeit wurde das methodische Vorgehen geplant und reflektiert. In regelmäßig stattfindenden Seminarrunden beschäftigte sich das Projektteam z. B. mit Methoden der Technologie(früh)erkennung und der Selektion. Insbesondere die Doktoranden trugen dazu bei, durch Aufarbeitung und Analyse des Stands der Literatur ein theoretisches Verständnis für Innovationsprozesse zu erwerben und eigene Modelle dafür zu entwickeln.

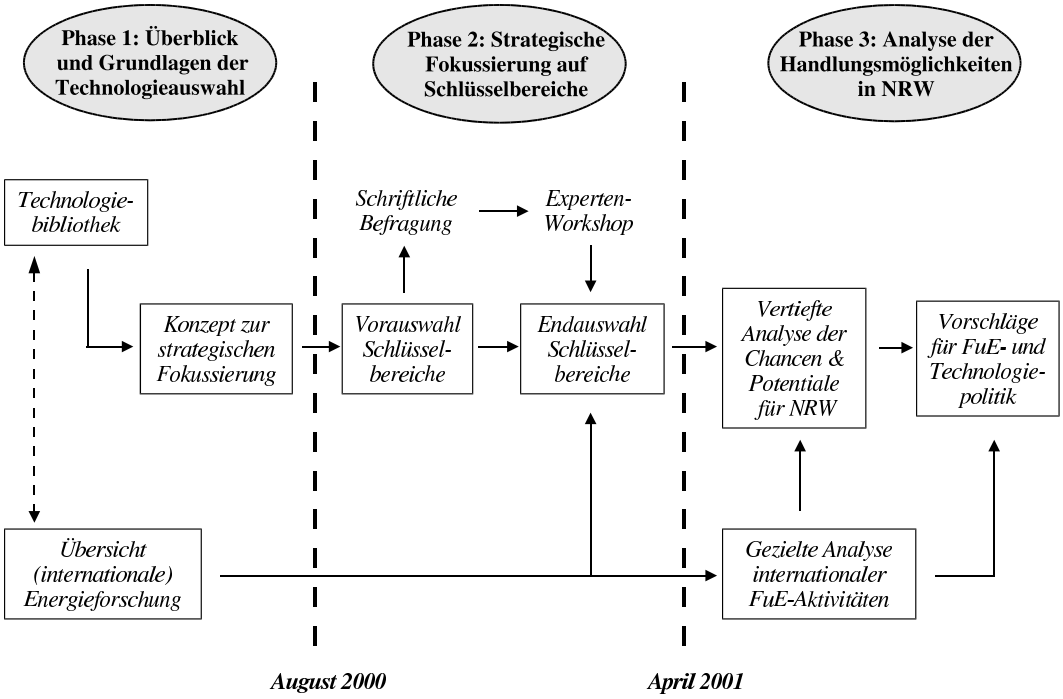

Abb. B.1: Phasen des Zukunftstechnologien-Projekts

Die Projektleiter präsentierten die erreichten Zwischenergebnisse ca. vierteljährlich einer Projektgruppe, der Vertreter des beauftragenden Landeswirtschaftsministeriums sowie weiterer Landesinstitutionen (Wissenschaftsministerium, Oberbergamt, Projektträger ETN, Energieagentur und Landesinitiative Zukunftsenergien NRW) angehörten. Aus den Diskussionen mit der Projektgruppe ergaben sich fortlaufend Anregungen für die Ausgestaltung des Projektauftrags.

Phase 1: Anlegen der Technologiebibliothek

In der ersten Phase wurde eine umfangreiche Technologiebibliothek[2] angelegt. Im Sinne einer Trendbeobachtung des *Technology Push* sollten alle Einzeltechnologien im Energiesektor erfasst werden, die sich zu jener Zeit in der Entwicklungspipeline befanden. Um die Erfassung systematisch zu gestalten, wurde einerseits ein Katalog zu untersuchender Technologietypen und andererseits ein Kriterienraster definiert, welche Informationen zu jeder Einzeltechnologie erhoben werden sollten. Tabelle B.1 zeigt den Katalog der Technologietypen; in Abschnitt B.4 ist das Kriterienraster wiedergegeben.

Kategorie	Unterkategorien
Effizienztechnologien	Antriebe, Beleuchtung, IuK, Kleinverbrauch, Raumwärme
Erneuerbare Energien	Biomasse, Fotovoltaik, Geothermie, Solarthermie, Wasser, Wind
Rationelle Wandlung	Brennstoffzelle, Innovative Kohlenutzung, KW(K)K
Speicher	Strom, Wärme, Wasserstoff
Übertragung	Neue Treibstoffe, Strom

Tabelle B.1: Katalog der untersuchten Technologietypen

Der Suchraum wurde auf die Bereiche der rationellen Energieanwendung und -bereitstellung sowie der erneuerbaren Energien eingeschränkt. Prozessbedingte Energieanwendungen in der Industrie sowie der Verkehrsbereich wurden nicht berücksichtigt.
Bei der Informationsbeschaffung konnte zu einem guten Teil auf den ohnehin im Institut vorhandenen Wissensbestand zurückgegriffen werden, indem die jeweiligen Spezialisten zumindest zeitweilig in das Projektteam eingebunden wurden. Daneben wurden Internetrecherchen durchgeführt und Experten aus Wissenschaft, Industrie, Fördereinrichtungen (z. B. BMBF-Projektträger) und anderen Technologie-Agenturen sowohl telefonisch befragt als auch persönlich besucht. Außerdem wurden Fachzeitschriften ausgewertet.

Phase 2: Auswahl der Technologien

Um zu einer Auswahl von Zukunftstechnologien zu gelangen, die beim gegenwärtigen Kenntnisstand voraussichtlich eine Schlüsselbedeutung für NRW besitzen werden, wurden zwei komplementäre Wege beschritten. Abbildung B.2 illustriert das Vorgehen.

1) Relevanzbaum Zum einen wurden die in der Technologie-Bibliothek zusammengetragenen Einzeltechnologien einem vereinfachten Relevanzbaum-Verfahren unterworfen. Es wurden alle diejenigen ausgewählt, die sowohl ein hohes Marktpotential als auch eine hohe strategische Relevanz für NRW besitzen. Alle anderen wurden zunächst verworfen, um sie aber im Schritt 2) einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

2) Bedarfsfeldanalyse Zum anderen wurden – ausgehend von allgemein erwarteten Zukunftstrends, wie sie sich in (eigenen und fremden) Szenarien niederschlagen – Anfor-

[2] M. Fischedick, C. Barthel, S. Ramesohl, D. Wolters, C. Jungbluth, M. Kölbel, C. Dudda, F. Merten und P. Hennicke, *Der Beitrag regenerativer Energien und rationeller Energienutzung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen. Analyse und Bewertung von Zukunftstechnologien, deren Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur und Ableitung technologiepolitischer Handlungsempfehlungen. Technologiebibliothek (Version 1)*, Wuppertal Institut 2001.

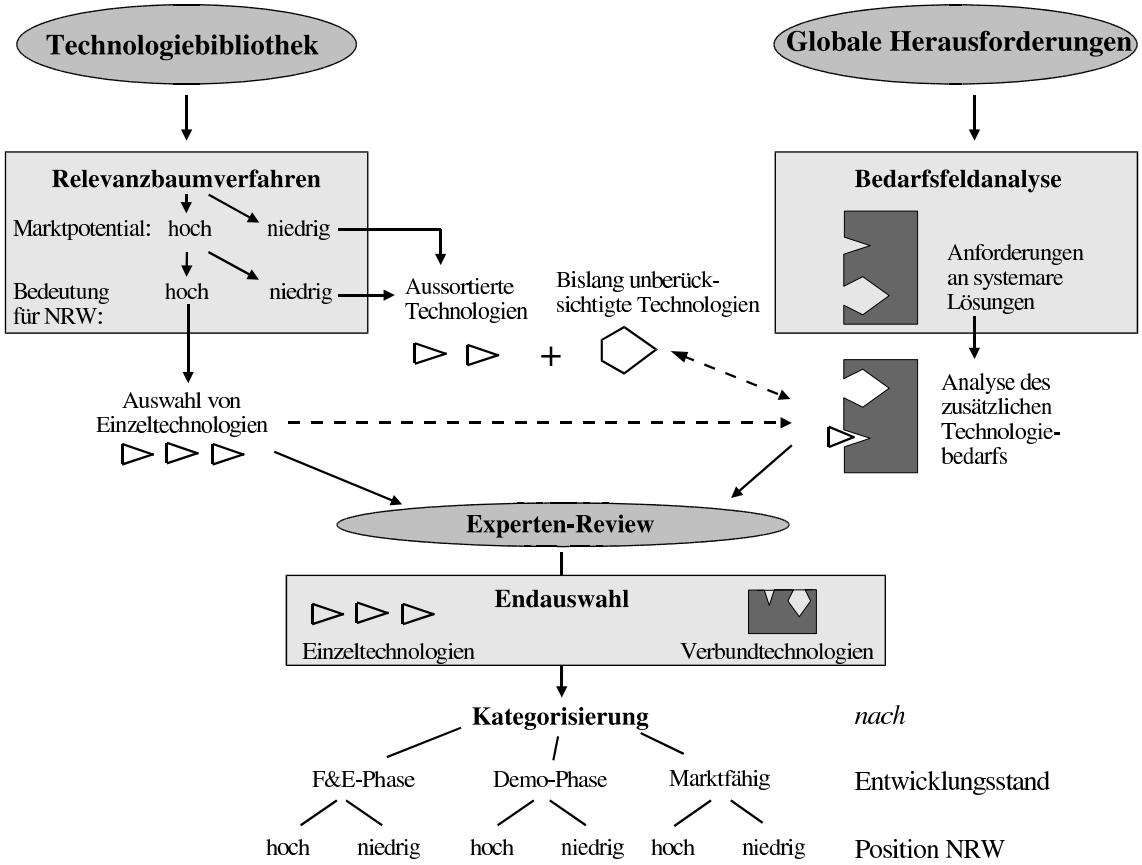

Abb. B.2: Schema des Auswahlverfahrens

derungen an zukünftige Energiesysteme abgeleitet. Dabei wurde keine einzeltechnologische Perspektive eingenommen, sondern versucht, systemare Aspekte zu berücksichtigen. Anhand des erstellten Anforderungskatalogs wurde geprüft, ob die bereits in 1) vorselektierten Technologien alle Anforderungen abdecken bzw. welche Lücken bleiben. Daraufhin wurde geprüft, ob eventuell die in 1) aussortierten Technologien diese Lücken schließen könnten und daher aufgrund des festgestellten *Demand Pull* doch unverzichtbar sind. Für die verbliebenen technologischen Lücken wurden die Anforderungsprofile geschärft.

3) Endauswahl Die mit 1) und 2) ausgewählten Technologien sowie das gesamte Vorgehen wurden auf einem Expertenworkshop im Januar 2001 diskutiert. Die 28 externen Teilnehmer kamen zu je 30% aus Unternehmen bzw. Forschungseinrichtungen und zu je 20% aus intermediären Einrichtungen bzw. vom Auftraggeber. Die Endauswahl setzte sich dann aus den in 1) identifizierten Einzeltechnologien sowie den zusätzlich in 2) identifizierten Verbundtechnologien bzw. technologischen Lücken zusammen. Alle Technologien wurden dann hinsichtlich ihres Entwicklungsstandes und der Position NRWs kategorisiert.

Phase 3: Handlungsempfehlungen

Alle selektierten Technologien wurden letztlich einer vertieften Analyse hinsichtlich Chancen, Potentialen und Auswirkungen für NRW unterworfen. Das dafür benutzte Kriterienraster ist im Abschnitt B.5 wiedergegeben. Außerdem wurden staatliche Förderprogramme

für *Research, Development and Demonstration* (RDD), die Energietechnologien betreffen, in Deutschland, Europa, USA und Japan eruiert und mit den Aktivitäten in NRW verglichen. Vor dem Hintergrund der zuvor durchgeführten vertieften Technologiebetrachtung wurden aus dieser Stärken-Schwächen-Analyse technologiespezifische Vorschläge für die nordrhein-westfälische Forschungs- und Technologiepolitik entwickelt. Das zur Ableitung von Handlungsempfehlungen durchgeführte Benchmarking umfasste also sowohl Inputgrößen (FuE-Aufwendungen) als auch Output-Indikatoren (erreichte technologische Leistungskraft) von FuE-Prozessen.

B.3 Evaluation des Projekts

In der Endphase des Projekts wurde das eigene Vorgehen evaluiert, indem es mit den Empfehlungen von John Irvine und Ben Martin verglichen wurde, welche die beiden aus den von ihnen zusammengetragenen Erfahrungen mit Prospektionsvorhaben in anderen Ländern abgeleitet haben.[3] Aus dieser Selbstevaluation ergaben sich Anregungen für die Fortführung der Vorausschau-Aktivitäten in NRW.

Stärken Im Projekt wurde versucht, sowohl die Perspektive des *Technology Push* als auch des *Demand Pull* zu berücksichtigen. Ersteres fand seinen Niederschlag in der Technologiebibliothek, letzteres in der Betrachtung der Bedarfsfelder und Marktpotentiale. Die Analyse der Technologie-Entwicklung wurde nicht auf NRW oder Deutschland beschränkt, sondern es wurden alle wesentlichen Industrienationen (Europa, Japan, USA) einbezogen. Trotz geringer Erfahrungen mit der Technologie-Vorausschau wurde intuitiv ein Vorgehen gewählt, das mehrere der in 4.5 vorgestellten Vorausschau-Methoden sinnvoll kombinierte:

- Trendanalyse
- Backcasting
- Experten-Workshops
- Benchmarking

Schwächen Das methodische Vorgehen hätte insgesamt stringenter gestaltet werden können, wenn das Projektteam erfahrener in der Technologievorausschau gewesen wäre. Zwar wurde versucht, dem Mangel an Erfahrung durch Beschäftigung mit der Literatur abzuhelfen, aber dies geschah aufgrund personeller Probleme zu Projektbeginn teilweise zu spät. Unter anderem darauf mag zurückzuführen sein, dass kaum formalere Methoden der Vorausschau eingesetzt wurden. Beispielsweise wären Delphi-Studien das Mittel der Wahl gewesen, um die unterstellten *Timelines* für die zukünftige Technologie-Entwicklung fundierter zu ermitteln. Delphi-Studien wären auch eine gute Gelegenheit gewesen, die relevanten wissenschaftlichen und technologischen Gemeinschaften stärker einzubeziehen, als dies durch Workshops und Befragungen möglich ist. Aufgrund des nur schwachen *Commitments* von Entwicklern, Technologieanbietern und -nachfragern wird die Studie kaum zu einer *Self-fulfilling Prophecy* werden.

[3] Vgl. Abschnitt 4.5.10 oder John Irvine und Ben Martin, *Foresight in Science*, Pinter London 1984, S. 142f.

Obwohl versucht wurde, sowohl die Technologieangebots- wie auch die -nachfrageseite zu berücksichtigen, so ist doch zu konstatieren, dass der *Demand Pull* gegenüber dem *Technology Push* zu schwach beleuchtet wurde. Das zeigt sich z. B. im überproportional hohen Anteil von Energieangebotstechniken im Vergleich zu -nachfrageseitigen Technologien. Auch wurden keine Kreativitätstechniken eingesetzt, um aus gewohnten Denkbahnen auszubrechen und sich von der Fortschreibung der Gegenwart in die Zukunft zu lösen.

Empfehlungen Wie im Abschnitt 4.5.10 konstatiert wird, kann Vorausschau nur dann Wirkung entfalten, wenn sie als ein kontiniuierlicher Prozess verstanden wird. Eine einmalige Aktion ist weitgehend nutzlos. Es wurde daher dem Auftraggeber vorgeschlagen, jährlich mindestens einen Experten-Workshop durchzuführen, der zum einen die generelle Entwicklung im Energietechnologiesektor beleuchtet und sich zum anderen jeweils einem speziellen Thema widmet. Teilnehmen sollten alle relevanten Akteure der Energieforschung und -technologieentwicklung im Land sowie ggf. externe Fachleute. Eine kleine Delphi-Umfrage zum Thema des Workshops wäre ein geeignetes Instrument zur Vorbereitung, um die relevanten Fachgemeinschaften enger in den Vorausschau-Prozess einzubinden, als dies in der jetzigen Studie der Fall war.
Darüber hinaus wurde empfohlen, die angelegte Technologiebibliothek kontinuierlich zu pflegen und einen bequemen Zugang über eine Internetplattform herzustellen, von dem z. B. Projektträger, Ministerien und evtl. KMU profitieren könnten. In größeren zeitlichen Abständen sollte die zu Grunde gelegte allgemeine Zukunftsvorstellung, welchen Anforderungen das Energiesystem künftig genügen muss und in welche Richtung es sich daher entwickeln sollte, einer Revision unterzogen und mit den landespolitischen Entscheidungsträgern diskutiert werden.

B.4 Kriterienraster der Technologiebibliothek

0 Technologiekategorie

Einordnung in eine Oberklasse (z. B. Erneuerbare Energien) sowie ggf. verschiedene Unterklassen (z. B. Biomasse, Wind, Wasser)

1 Stand der Technik

- erprobt und eingeführt (marktreife Anlagen)
- erprobt / durch Förderprogramme in den Markt eingeführt
- erprobt / marktnah (Demonstrationsanlagen; aber Markteinführung gehemmt)
- erprobt, marktfern (verfügbare Pilotanlagen)
- Forschungs- und Entwicklungsstadium

2 Entwicklungsperspektiven

a) Entwicklungsaktivitäten

- Kostendegressionen
- Verlängerung Lebensdauer / Betriebszeit
- Wirkungsgradverbesserungen
- Alternative Technologielinien
- Optimierung von Fertigungsverfahren
- usw.

b) Noch ungelöste Fragestellungen

- Gewichtsreduktion für mobile Anwendungen
- Werkstoffprobleme (z. B. Heißgasentstaubung)
- Schwierigkeiten bei der Systemeinbindung (Standardisierung)
- Sonstiges (z. B. Verringerung Herstellungsaufwand [PV], Verwendung von Sondermaterialien [z. B. Platineinsatz bei Brennstoffzellen und dessen Substitutionsmöglichkeiten], Wechsellastverhalten bei Batterien)

Hieraus lassen sich u. U. Querschnittsfragen (über mehrere Bereiche) identifizieren!

3 Markterwartungen / Potentiale

- Trenderwartungen (kurz-, mittel- und langfristig)
- Erwartungen im Rahmen klimaschutzorientierter Entwicklungen (landes-, bundes- oder weltweit)
- Markteinführungsstrategien (für Produkte, Systeme)

4 Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz

- spezifisch (im Vergleich zu Standardalternativen)
- absolut (z. B. Technologien mit spezifisch geringem, aber absolut hohem CO_2-Minderungspotential)
- Technologien im Bereich Minderung anderer treibhausgasrelevanter Spurengase
- umweltbezogene Nebeneffekte (Verringerung Materialeinsatz, Toxizität)
- Treibhausgasminderungspotential

5 Entwicklungsanstrengungen in anderen Ländern

- von staatlicher Seite
- von privater Seite (z. B. Großunternehmen, KMU)
- im Rahmen von Public-Private-Partnership

6 Adaptionsfähigkeit an die Bedürfnisse von Entwicklungsländern

- *High / Highest Technology Standard* oder auch als *Lower-Technology* - Variante ausführbar? (Im Rahmen der UNDP spricht man auch von so genannten *Most Advanced Technologies* und *Appropriate Technologies.*)
- Installation: *High-Tech* oder *Low-Tech*?

7 Entwicklungsstand in NRW (vs. Stand der Technik weltweit)

- hoch (eingeführt)
- mittel (laufende Markteinführungsprogramme)
- niedrig (Forschungs- und Entwicklungsstadium)
- keiner

8 Potential für NRW

- heimischer Markt
- Exportmarkt / Technologietransfer
- Beitrag zur Beschäftigungssicherung / -schaffung in NRW
- für Unternehmen
- Beitrag zur Energieversorgung

9 Akzeptanz/Öffentlichkeitswirksamkeit

Urteil ggf. von Rahmenbedingungen abhängig!

10 Systemeffekte

Hier sollten Bemerkungen wie: „Funktioniert nur in Zusammenhang mit der Einführung einer Wasserstoffwirtschaft.“ gebündelt werden! Ggf. gehört der Punkt auch zu Aspekten 3 oder 4!

11 Ansprechpartner

12 Quellen, Literaturangaben

B.5 Kriterienraster der vertieften Analyse

1 Einleitung

Synopse der Gründe für die Auswahl der betreffenden Technologie

Bewertung der Bedeutung für NRW – Beitrag zur:

- heimischen Energieversorgung
- Versorgungssicherheit
- Emissionsminderung in NRW
- Wertschöpfung / Arbeitsplätze durch Export

Stoßrichtung / Schwerpunkt der Detailanalysen

2 Charakterisierung der einzelnen (Technologie-)Bereiche

Beschreibung des Technologiefeldes / Wertschöpfungskette

- Einzelbausteine / Komponenten (z. B. Membranen)
- Kerntechnologie (z. B. Brennstoffzellen-Stack)
- Peripherie-Techniken (z. B. H_2-Tanks und Gasversorgung)
- Endprodukt / Systemintegration / Dienstleistungen (z. B. Brennstoffzellen-Heizgerät)

Charakterisierung der Technologie nach Funktion im Energiesystem

Fazit: Technikbeschreibung hinsichtlich technologischer Reife, F&E-Gehalt, offener Punkte und Probleme

3 Akteure, technisch-ökonomische Verflechtungen und Unternehmensprofile

Darstellung der techno-ökonomischen Verflechtungen über die verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette (Produkt- / Know-how-Flussbild)
Zulieferbeziehungen (up-/down-stream); Identifikation kritischer Elemente / Verzweigungen / Abhängigkeiten im Verlauf der Wertschöpfungskette
(wichtigste) Akteure in der Wertschöpfungskette (Führerschaft); Rolle der Akteure aus NRW (im Vergleich zu national / international)
Internationale Konkurrenzsituation; Ausländische F&E-Aktivitäten
Beschreibung der Akteure aus NRW:

- Produktpalette, Aktionsschwerpunkt, Diversifizierung
- Struktur und Größenverteilungen der Firmen, Leadership
- Besitzverhältnisse und Beteiligungen (wer gehört wem?)
- Beschäftigung / Arbeitsplatzintensität
- regionale Verteilung

Fazit: Bewertung Position NRW

4 Analyse Marktperspektiven

heutige und zukünftige Produkte / marktfähige Lösungen
Anwendungsfelder
Einsatz- / Absatzregionen
Rolle Exportmärkte
gegenwärtiges Marktvolumen und bisherige Entwicklung

Wachstumstreiber und Einflussgrößen
Einsatzbedingungen, technische Komplementaritäten und Konflikte
Randbedingungen, Systemeffekte, Wechselwirkungen

Fazit: Abschätzung Marktentwicklung

5 Technologiebezogene Strategiediskussion

Bewertende Aussage zu fünf Schlüsselkriterien:

- Technologie / F&E-Bedarf (ggf. differenzieren nach den 4 Stufen der Wertschöpfungskette)
- technische und ökonomische Wettbewerbsposition von NRW
- Marktpotential
- Arbeitsplatzpotential
- ökologische Bedeutung

Qualitative Charakterisierung des technologiebezogenen Strategietyps und der abgeleiteten Handlungsnotwendigkeiten (z. B.: Position ausbauen, aufholen, abkürzen, imitieren etc.)
Ableitung und Identifikation von Zielen, Schwerpunkten und Strategieelementen für technologiebezogene Förderung, z. B. Unterscheidung mit Hinblick auf:

- Technologiebasis schaffen
- Lücken schließen
- Durchbruch in Massen- oder Nischenmarkt
- Spin-off-Effekte stimulieren in Nischenmärkten

Diskussion der Handlungsoptionen im Land und für Akteure aus NRW
Identifikation von Strategien mit Differenzierung von

- Zeitrahmen
- regionalen Schwerpunkten und Zielmärkten

Ansatzpunkte für die Landesregierung

Anhang C

Vision: Dynamische Journale

Wie bereits im Abschnitt 7.4.3 ausführlich erörtert, steckt das wissenschaftliche Publikationsgeschäft derzeit in einer schweren Krise: Der explodierende Umfang der Zeitschriften, die aber jeweils nur über eine kleine Leserzahl verfügen, lässt Preise und Gesamtkosten für wissenschaftliche Journale in die Höhe schnellen. Die Folge: Bibliotheken bestellen wegen knapper Budgets verstärkt Journale ab. Die Verlage reagieren ihrerseits wiederum mit Preiserhöhungen, was die Zahl der Zeitschriftenabonnenten weiter senkt, worauf die Preisspirale in eine neue Runde geht.
Die Technik und das Konzept von *FORUMnovum Dynamic Publishing* würden es erlauben, den Gordischen Knoten zu durchschlagen und diesem Teufelskreis zu entkommen. Dank konsequenter Ausnutzung aller Möglichkeiten, die das elektronische Publizieren heute bietet, ließe sich Unglaubliches vollbringen: Kostensenkungen um 90% bei gleichzeitigem Komfortgewinn und Verbesserung der wissenschaftlichen Qualitätssicherung!

Die Idee zu *FORUMnovum Dynamic Publishing* entstand als eine Option für die Fortentwicklung der FORUMnovum Software-Entwicklung GbR Göttingen, die der Verfasser gemeinsam mit den drei ehemaligen Kommilitonen Hartmut Eigenbrod, Jens Kube und Hergen Schultze im Mai 2000 gründete. Die Gesellschaft hat eine speziell für den akademischen Bereich geeignete Wissensmanagementsoftware entwickelt und Anfang 2001 auf den Markt gebracht. Für das Konzept *FORUMnovum Dynamic Publishing* wurde ein Geschäftsplan entworfen und beim Gründerwettbewerb *promotion Nordhessen 2001* eingereicht.[1] Das Konzept fand in den Augen des Jurors jedoch keine Gnade, da er die wirtschaftlichen Realisierungschancen als schlecht beurteilte. Auf die Gründe wird im Abschnitt C.5 einzugehen sein.

C.1 Prinzip

Die Zeitschrift der Zukunft wird nicht mehr primär in gedruckter Form vorliegen, sondern auf einem zentralen Webserver, auf den jedermann per Internetbrowser zugreifen kann. Die einzelnen Artikel und ihre Verknüpfungen (z. B. als Zitate) werden in einer Datenbank gespeichert. Die Vermittlung zwischen Datenbank und Internetbrowser des

[1] Viele Anregungen verdankt dieses Konzept dem Artikel von Hal R. Varian, *The Future of Electronic Journals*, Journal of Electronic Publishing **4** (1998) No 1. Der Geschäftsplan selbst ist unveröffentlicht, aber ein Erfahrungsbericht ist als Tagungsbeitrag erschienen: Matthias Kölbel, *FORUMnovum Dynamic Publishing. Ein Konzept für die Zukunft des wissenschaftlichen Journals*, in: Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Walter Umstätter [Hrsg.], *Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002*, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin 2003.

Benutzers übernimmt eine spezielle Software. Jeder Zeitschrift entspricht eine eigene Datenbank. Jedes Journal soll vier Arten von vorstrukturierten Beiträgen enthalten:

- Artikel
- Übersichtsartikel
- Gutachterberichte
- Zitierte Fremdarbeiten

Jeder Interessierte kann kostenlos alle Beiträge lesen. Um selbst Artikel im Journal veröffentlichen zu können, muss man sich als Nutzer registrieren lassen. Dafür kann eine jährliche Registrierungsgebühr erhoben werden. Im Gegenzug könnten registrierten Nutzern zusätzliche Dienstleistungen angeboten werden – etwa automatisches Informieren per E-Mail, wenn neue Artikel mit bestimmten Schlagwörtern veröffentlicht werden.
Jeder Nutzer, der mindestens zwei Artikel eingestellt hat, darf mit *Referee Reports* jeden Artikel anderer Autoren begutachten. Um einen Anreiz für Gutachter zu geben, kann dafür eine Aufwandsentschädigung gewährt werden. Übersichtsartikel (*Reviews*) können nur durch die Herausgeber oder eingeladene Autoren publiziert werden. Sie sind ein Mittel, um die Zeitschrift vor allem für Neulinge attraktiv zu machen.
Jeder autorisierte Nutzer muss, wenn er einen Beitrag gelesen hat, diesen bewerten. Gutachter geben darüber hinaus in ihren *Referee Reports* Noten für referierte Artikel. So ist zukünftig an jedem Beitrag nicht nur zu sehen, wie oft er gelesen und von wem er zitiert wurde, sondern auch, wie er von seinen Lesern bewertet wurde und wie Gutachter über ihn urteilten. Im Gegensatz zu früher werden auch die *Referee Reports* veröffentlicht. Die Notenvergabe eines Gutachters geht nicht direkt in die Bewertung des referierten Beitrags ein, sondern gewichtet mit der Qualität seiner eigenen Artikel. Wer selbst nur schlechte Artikel verfasst, dessen Urteil gilt wenig.
Die Nutzer behalten das Copyright an ihren Artikeln, d. h., jeder Autor darf seine Artikel beliebig nachdrucken lassen. Die einzige Bedingung ist lediglich, dass Autoren ihre Beiträge nicht zurückziehen dürfen. So lange ein Autor registrierter Nutzer ist, darf er jederzeit verbesserte Fassungen seiner Artikel publizieren.
Die Herausgeber haben das Recht, offenkundige Fehler zu korrigieren und unangebrachte (z. B. thematisch nicht ins Journal gehörige, gegen Recht und Gesetz verstoßende) Artikel zu entfernen. Bei all diesen Aktionen muss der Urheber des Artikels informiert werden. Die Herausgeber müssen ihre Rechte aber nicht wahrnehmen. Die Verantwortung für einen Artikel liegt – auch strafrechtlich – allein beim Autor.

C.2 Technik

Den technischen Kern eines solchen dynamischen Journals bildet eine internetbasierte Datenbank auf einem zentralen Server, auf die per Internetbrowser zugegriffen wird. Die dafür einzusetzenden Techniken finden unter der Bezeichnung Dokumenten-, Content- oder Wissensmanagementsysteme in Unternehmen zunehmend Verbreitung. Es gibt mehr als 50 Anbieter solcher Systeme weltweit, die sich auf bestimmte Anwendungen oder Kundengruppen spezialisiert haben. Die Software FORUMnovum ist aus den Bedürfnissen einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe entstanden und – soweit dem Verfasser bekannt – bisher die einzige ihrer Art.

Nutzerseitig sind zur Bedienung einer webbasierten Datenbank nur ein Internetbrowser (z. B. Netscape Navigator™ oder MS Internet Explorer™) sowie ein Internetzugang notwendig. Dies gehört mittlerweile zur Standardausrüstung eines Wissenschaftlers. Die Datenbanken selbst laufen auf einem zentralen Webserver, der sinnvollerweise von einem auf Web-Hosting spezialisierten Unternehmen betrieben wird. Außer Standardkomponenten wie Webserver- und Datenbanksoftware ist spezielle Software (sog. cgi-Skripte) notwendig, die zwischen Datenbank und Browser des Nutzers vermittelt. Die vorhandene Software der FORUMnovum GbR ließe sich mit geringem Aufwand an die speziellen Erfordernisse eines Dynamischen Journals anpassen.

C.3 Innovationen

FORUMnovum Dynamic Publishing bietet sowohl in technischer Hinsicht als auch in Bezug auf das konzeptionelle Geschäftsmodell mehrere Innovationen. In technischer Hinsicht sind vor allem die Suchfunktionen zu nennen, durch die sich bereits die FORUMnovum-Software auszeichnet. Wissenschaftliche Artikel sind über Zitationen wie in einem Spinnennetz miteinander verbunden. Mit FORUMnovum kann man sich entlang dieser gedanklichen Linien von einem Artikel zum nächsten hangeln. Dank der Trampelpfad-Technik bilden sich mit der Zeit breite Straßen oft benutzter Suchwege aus, auf denen Neulinge zielsicher zu den relevanten Artikeln gelangen. Spezielle Suchfunktionen wie die Dynamische Hierarchie von Schlagworten und die *Local Citation Map* ergänzen konventionelle Verfahren wie Volltext- oder Schlagwortsuche. Gegenüber der Suche in Bibliotheken oder herkömmlichen elektronischen Zeitschriften steigt der Suchkomfort deutlich.
Das Besondere an *FORUMnovum Dynamic Publishing* besteht aber weniger in den technischen Innovationen, sondern im Geschäftsmodell. Bisher emulieren elektronische Journale lediglich die papiergestützte Publikationspraxis, ohne das Potential des elektronischen Publizierens wirklich voll auszuschöpfen. *FORUMnovum Dynamic Publishing* dagegen setzt auf konsequentes Re-Engineering des Publikationsvorganges. Bezüglich des konzeptionellen Modells sind vier wesentliche Neuheiten zu nennen:

- Begutachtung durch alle Leser erst nach Veröffentlichung
- Beiträge haben vorgegebene Struktur, aber kein zwingendes Layout
- Qualitätsbeurteilung direkt am Artikel ablesbar
- Herausgeber und Autoren zahlen anstelle der Leser

Die ersten beiden Innovationen führen zu massiven Kostenreduktionen um bis zu 90%, weil außer für Software und Server keine Publikationskosten mehr anfallen. Bei Printjournalen dominieren die Vorbereitungskosten für eine Publikation – insbesondere die Koordinierung des Begutachtungsprozesses und die Layout-Vereinheitlichung – die Gesamtkosten, wobei wegen der geringen Auflage die spezifischen Kosten sehr hoch liegen. Da die Koordinierung der Bewertung eines Artikels nun dem Markt der Leser überlassen bleibt, entfallen die entsprechenden Kosten beim Publizieren. Außerdem bleibt den Bibliotheken ein großer Teil der Vorhaltungskosten erspart. Neben Platz und Kosten spart das so genannte *Printing on Demand* auch Papier: Anstatt pauschal jede Bibliothek mit einer vollständigen Druckausgabe auszustatten, aus der dann Wissenschaftler die sie in-

teressierenden Artikel herauskopieren, kann nun jeder Wissenschaftler die gewünschten Artikel an seinem Computer direkt ausdrucken.

Einheitliches Layout der Artikel ist bei einer Leserzahl von typischerweise weniger als zehn ein absolut verzichtbarer Luxus, der unnötig Kosten verursacht. Da Wissenschaftler ein Eigeninteresse an der Verbreitung ihrer Ergebnisse haben, kann die Entscheidung über die angemessene Form auch ihnen selbst überlassen bleiben. Die von anderen elektronischen Zeitschriften betriebene Konvertierung eingesandter Manuskripte generiert keinen Mehrwert. *FORUMnovum Dynamic Publishing* erlaubt, mit beliebigen Textverarbeitungssystemen geschriebene Texte als Artikel einzustellen. Im Interesse der allgemeinen Lesbarkeit empfiehlt es sich aber, gängige Dateiformate zu verwenden. Mit dem Portable Document Format (PDF) von Adobe™ steht heute ein Standardformat zur Verfügung, das allen Ansprüchen genügt. Da FORUMnovum aber beliebige Dateiformate unterstützt, lassen sich beispielsweise auch Multimedia-Daten einfügen. Über Eingabemasken werden Meta-Informationen wie Co-Autoren, Schlagworte, zitierte Literatur usw. strukturiert abgefragt.

Das Referieren von Artikeln dagegen ist für die wissenschaftliche Qualitätssicherung unabdingbar. *FORUMnovum Dynamic Publishing* ersetzt das Referieren *vor* der Veröffentlichung durch die Bewertung jedes Beitrags *nach* seiner Veröffentlichung. So ist zukünftig an jedem Beitrag nicht nur zu sehen, wie oft er gelesen und von wem er zitiert wurde, sondern auch, wie er von seinen Lesern bewertet wurde und wie Gutachter über ihn urteilten. Im Gegensatz zu früher werden auch die *Referee Reports* veröffentlicht.
Die neue Praxis der nachträglichen Begutachtung wird vermutlich zu einer ansteigenden Flut von Artikeln minderer Qualität führen. Da aber die mangelnde Qualität bereits am Artikel zu erkennen ist, bleibt die Qualitätssicherung in der Wissenschaft gewahrt. Weil in einem dynamischen Journal jedem Artikel seine Bewertung anhaftet, kann man bewusst nach gut beurteilten Artikeln suchen und bei schlecht oder gar nicht beurteilten Artikeln entsprechend vorsichtig sein. Man kann darauf hoffen, dass schlechte Publikationen mittels Evaluierung durch die Leser „ausgemendelt“ werden, während die gut bewerteten Artikel sich durchsetzen und ggf. als eine Art *Best-of* noch einmal traditionell auf Papier nachgedruckt werden. Außerdem bieten dynamische Journale die Chance, dass kritisierte Artikel vom Verfasser korrigiert und verbessert ein zweites Mal publiziert werden.

Die vierte Innovation, die Herausgeber anstelle der Bibliotheken für die Publikationskosten aufkommen zu lassen, ist gleichbedeutend mit einer radikalen Markttransformation. Der geplante kostenlose Lesezugang entspricht dem Bedürfnis von Wissenschaftlern, jede Publikation jederzeit und rasch verfügbar zu haben. Dies schließt aber aus, die Leser zur Kasse zu bitten. Andererseits sind Wissenschaftler aus strukturellen Gründen zum Publizieren gezwungen. Daher liegt es nahe, den „Verursachern“ von Publikationen einen Teil der Kosten aufzubürden. Dies ist auch sinnvoll, um eine Publikationsbarriere für Nichtwissenschaftler zu errichten. Den Löwenanteil der Kosten müssen aber die Herausgeber der Journale tragen, die für das Organ verantwortlich zeichnen.
Damit verändern sich die Rollen der am Publikationsprozess beteiligten Akteure. Während bisher die Bibliotheken die Endkunden für wissenschaftliche Journale sind, geraten im hier vorgestellten Modell nun die Herausgeber und die Autoren in die Kundenrolle. Die Verlage wandeln ihre Funktion zu Providern der technischen Hülle eines Journals, wobei der Unterschied zwischen Verlegen und Archivieren verschwindet. Die Bibliotheken werden dadurch aber genau so wenig funktionslos wie die Verlage. Sie können sich jetzt auf ih-

re Rolle als *Gatekeeper* der Wissensbestände konzentrieren. Eventuell können sich die Bibliotheken auch als neue Verleger- oder Herausgebergruppe profilieren.
Damit aber die Herausgeber – zumeist individuelle Wissenschaftler, Gelehrtenvereinigungen oder wissenschaftliche Einrichtungen – ihre neue Rolle als Kunden im Publikationsgeschäft wahrnehmen könnten, müssten sie sich entsprechend refinanzieren können. Dafür wäre eine Reallokation der Finanzströme im Wissenschaftssystem nötig: Statt der Bibliotheken müssten die Herausgeber Mittel für das Erzeugen und Vorhalten ihrer wissenschaftlicher Journale erhalten.

C.4 Nutzen und Mehrwert

FORUMnovum Dynamic Publishing könnte viele Probleme der bisherigen Publikationspraxis lösen. *Leser* wissenschaftlicher Journale profitierten bei *FORUMnovum Dynamic Publishing* von der universellen Zugänglichkeit und schnellen Verfügbarkeit. Jeder Artikel wäre weltweit jederzeit bequem und kostenlos zugänglich. *Verfasser* von Artikeln würden die rasche Publikationsmöglichkeit schätzen. Anstatt Monate auf das Erscheinen des gedruckten Hefts warten zu müssen, wären eingereichte Artikel sofort weltweit abrufbar. Auch die Gefahr des Ideendiebstahls durch Gutachter wäre gebannt. Es würde transparent, wer welchen Artikel wie referiert hat. An jedem Artikel wäre sofort ablesbar, welche Qualität und Verlässlichkeit er hat. Intelligente Suchfunktionen erleichterten dem Nutzer das Auffinden relevanter Informationen. *Bibliotheken* sparten massiv Platz und Kosten, ohne auf Vollständigkeit ihres Zeitschriftenangebots verzichten zu müssen. Durch Verzicht auf einheitliches Layout und Übergang von Ex-ante- zu Ex-post-Referierung könnten die Kosten für ein Journal um bis zu 90% reduziert werden.

C.5 Realisierungschancen

Von technischer Seite stünden dem Projekt kaum Hürden entgegen. Für das Anpassen der ohnehin vorhandenen Software FORUMnovum an die Erfordernisse eines dynamischen Journals und das Aufsetzen einer Pilotzeitschrift wurden drei Mannmonate veranschlagt. Wie aber die Teilnahme am Geschäftsplan-Wettbewerb von *promotion Nordhessen* gezeigt hat, sind hinsichtlich der ökonomischen Erfolgswahrscheinlichkeit Zweifel angebracht.
In der einschlägigen Fachliteratur[2] werden eine Reihe von Erfolgskriterien für das elektronische Publizieren diskutiert:

- Gewährleistung der Dokumentenechtheit,
- zweifelsfreie Feststellbarkeit des Autors,
- eindeutige Identifizierbarkeit der Dokumente,
- Sicherstellung der langfristigen Bewahrung und Zugänglichkeit,
- Klärung des Copyrights.

[2]Vergleiche hierzu die Sonderhefte der *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie* aus der zweiten Hälfte der 90er Jahre, die sich ausführlich mit den Auswirkungen der neuen elektronischen Medien auf das Publikations- und Bibliothekswesen beschäftigt haben. Eine knappe Synopse wichtiger Argumente findet man im Kapitel „Der lange Weg von P nach E“ bei Dieter E. Zimmer, *Die Bibliothek der Zukunft*, Ullstein München 2001.

Für diese genannten Anforderungen sind technisch-organisatorische Lösungen in Sicht. Ein wesentlicher Schritt, um die langfristige Bewahrung und Überprüfbarkeit der Dokumentenintegrität sicherzustellen, könnte neben der fortlaufenden elektronischen Migration auf aktuelle technische Standards darin bestehen, von jedem Artikel eine geringe Zahl von Papierexemplaren in ausgewählten Nationalbibliotheken zu deponieren. Die Kostenvorteile des elektronischen Publizierens würden dadurch nicht aufgezehrt, denn die Artikel könnten mit sehr geringen Kosten automatisch auf einem Laserdrucker ausgedruckt werden – allerdings ohne einheitliches Layout. Auch dürfte das elektronische Migrieren weit billiger sein als die platzraubende Aufbewahrung und dauerhafte Konservierung von hunderten Papierausgaben eines Journals.
Ein anderer Schritt besteht darin, künftig jeden einzelnen Artikel anstelle ganzer Zeitschriftenhefte in den Bibliothekskatalogen zu erfassen und so für eine eindeutige Identifizierung zu sorgen. Diese fortlaufende Klassifizierung setzt sich mittlerweile bei vielen elektronischen Journalen durch.
Die Frage des Copyrights ist bei wissenschaftlichen Journalen nicht so entscheidend, da deren Artikel nicht aus kommerziellen Motiven geschrieben werden. Im Grunde hat jeder Wissenschaftler ein Interesse an maximaler Verbreitung seiner Gedanken. *FORUMnovum Dynamic Publishing* sieht daher vor, das Copyright beim Autor zu belassen.

Die Erfahrung der letzten Jahre zeigt aber, dass sich das rein elektronische Publizieren nur sehr langsam etabliert – trotz vieler (potentieller) Vorteile und richtungsweisender Lösungsansätze für die oben genannten Erfolgsbedingungen. Der Hauptgrund ist im mangelnden Vertrauen in die neuen elektronischen Journale zu suchen. Wissenschaftler veröffentlichen bevorzugt dort, wo sie die größten Chancen sehen, dass ihre Artikel auch gelesen werden. Hier haben gut eingeführte Printjournale einen unschlagbaren Vorteil. Wie die Erfahrung der letzten Jahre gezeigt hat, sind gegen diesen Vertrauensvorschuss selbst elektronische Journale wie das *New Journal of Physics*, die von honorigen Standesorganisationen wie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft getragen werden, nahezu chancenlos. Aufgrund des Mangels an Vertrauen werden nur unattraktive Artikel dort platziert, was wiederum den schlechten Ruf nur verstärkt.
Hinzu kommt, dass die Verlage ihrem drohenden Bedeutungsverlust nicht tatenlos zusehen. Beispielsweise akzeptieren viele Verlage keine Manuskripte, die bereits andernorts elektronisch publiziert worden. Damit wird das Zugeständnis elektronischer Journale, das Copyright beim Autor zu belassen und ihm die Möglichkeit zum Nachdruck einzuräumen, faktisch wertlos. Außerdem zeigt die Lobbyarbeit der Verlage erste Früchte, wie z. B. die politischen Diskussionen um den Preprint-Server in Las Alamos gezeigt haben. Es wird bestritten, dass es eine legitime Aufgabe der wissenschaftlichen Gemeinschaften wäre, ihre Kommunikation selbst zu organisieren. Die etablierte Arbeitsteilung zwischen Wissenschaftlern, Verlagen und Bibliotheken solle nicht angetastet werden. In einem solchen Umfeld dürfte es sehr schwer werden, die notwendigen politischen Kräfte zu mobilisieren, um die notwendige Reallokation der Finanzmittel im wissenschaftlichen Publikationsgeschäft zu bewerkstelligen, die radikale Konzepte wie *FORUMnovum Dynamic Publishing* für ihren Erfolg erfordern würden.

Aus den vorgenannten Gründen wurde das Konzept *FORUMnovum Dynamic Publishing* im Geschäftsplan-Wettbewerb *promotion Nordhessen 2001* negativ beurteilt. Der Verfasser und seine Mitgesellschafter haben daher vom Versuch einer Realisierung abgesehen.

Literatur

Adorno (1969): Th. W. Adorno, R. Dahrendorf, H. Pilot, H. Albert, J. Habermas und K. R. Popper, *Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie*, Luchterhand Neuwied 1969.

Albers (1999): Olaf Albers und Arno Broux, *Zukunftswerkstatt und Szenariotechnik*, Beltz Weinheim 1999.

Albert (1968): Hans Albert, *Traktat über kritische Vernunft*, Mohr Tübingen 1968.

Altner (1995): Helmut Altner und Jutta Fedrowitz, *Qualitätssicherung in der Forschung*, in: Detlef Müller-Böling [Hrsg.], *Qualitätssicherung in Hochschulen*, Bertelsmann Gütersloh 1995.

Amonn (1927): Alfred Amonn, *Objekt und Grundbegriffe der Nationalökonomie*, 2. Auflage, Deuticke Leipzig 1927.

Andreas (2001): Holger Andreas, *Untersuchungen zur Chronometrie*, unveröff. Magisterarbeit Uni Leipzig 2001.

Arrhenius (1906): Svante Arrhenius, *Das Werden der Welten*, 2. überarbeitete Auflage, Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig 1912 (schwedisches Original: *Väldarnas utveckling*, Gebers Stockholm 1906).

Auerbach (1910): Felix Auerbach, *Geschichtstafeln der Physik*, Barth Leipzig 1910.

Bacon (1624): Francis Bacon, *Neu-Atlantis*, Reclam Stuttgart 1995 (Original: *Nova Atlantis*, 1624).

Bär (1992): Siegfried Bär, *Forschen auf Deutsch. Machiavelli für Forscher – und solche, die es werden wollen*, Deutsch Frankfurt/Main 1992.

Beck (1986): Ulrich Beck, *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1986.

Bernal (1939): John D. Bernal, *Die soziale Funktion der Wissenschaft*, Pahl-Rugenstein Köln 1986 (Original: *The Social Function of Science*, Routledge London 1939).

Blaschke (1976): Dieter Blaschke, *Probleme interdisziplinärer Forschung*, Steiner Wiesbaden 1976.

BMBF (1995): *Delphi-Bericht 1995 zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Mini-Delphi*, BMBF Bonn 1996.

BMBF-BuFo: *Bundesbericht Forschung*, BMBF bzw. BMFT bzw. BMWF Bonn. Erschienen 1965, 1967, 1969, 1972, 1975, 1979, 1984, 1988, 1993, 1996, 2000, 2004.

BMBF-FaBe: *Faktenbericht Forschung*, BMBF bzw. BMFT Bonn. Erschienen 1977, 1981, 1986, 1990, 1998, 2002.

BMBF-TLF: *Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands*, Jahrgänge 1995 - 2003, BMBF Bonn.

BMBW (1970): *Methoden der Prioritätsbestimmung I - III*, BMBW Bonn 1970/71.

BMFT (1993): *Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik*, BMFT Bonn 1993.

BMWi (2000): *Innovationsförderung – Hilfen für Forschung und Entwicklung. Stand Juli 2000*, BMWi und BMBF Bonn 2000.

Böhme (1972): Gernot Böhme, Wolfgang van den Daele und Wolfgang Krohn, *Alternativen in der Wissenschaft*, Zeitschrift für Soziologie **1** (1972), S. 302 - 316.

Böhme (1973): Gernot Böhme, Wolfgang van den Daele und Wolfgang Krohn, *Die Finalisierung der Wissenschaft*, Zeitschrift für Soziologie **2** (1973), S. 128 - 144.

Böhme (1977): Gernot Böhme und Wolfgang van den Daele, *Erfahrung als Programm. Über Strukturen vorparadigmatischer Wissenschaft*, in: Gernot Böhme, Wolfgang van den Daele

und Wolfgang Krohn, *Experimentelle Philosophie. Ursprünge autonomer Wissenschaftsentwicklung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1977.

Bontrop (1998): Heinz Bontrup, *Volkswirtschaftslehre*, Oldenbourg München 1998.

Braun (1997): Dietmar Braun, *Die politische Steuerung der Wissenschaft. Ein Beitrag zum 'kooperativen' Staat*, Campus Frankfurt/Main 1997.

Breithecker-Amend (1988): Renate Breithecker-Amend, *Big Science und das Ende des exponentiellen Wachstum. Zur Wissenschaftsforschung de Solla Price*, Lang Frankfurt/Main 1988.

Breithecker-Amend (1992): Renate Breithecker-Amend, *Wissenschaftsentwicklung und Erkenntnisfortschritt. Zum Erklärungspotential der Wissenschaftssoziologie von Robert K. Merton, Michael Polanyi und Derek de Solla Price*, Waxmann Münster 1992.

BT (1993): Ausschuss für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Dt. Bundestages, *Bericht des BMFT an den Bundestagsausschuss für FTTA zur Situation der Projektträger des BMBF*, Ausschussdrucksache 12 - 366 Bonn 1993.

BT (2002): Deutscher Bundestag, *Antwort der Bundesregierung auf die Große Anfrage der CDU/CSU 'Forschungsförderung in Deutschland'*, BT-Drs. 14/8949 Berlin 2002.

Bullinger (1998): H.-J. Bullinger, K. Wörner und J. Prieto, *Wissensmanagement. Modelle und Strategien für die Praxis*, in: Hans Dietmar Bürgel [Hrsg.], *Wissensmanagement. Schritte zum intelligenten Unternehmen*, Springer Berlin 1998.

Bürgel (1998): Hans Dietmar Bürgel [Hrsg.], *Wissensmanagement. Schritte zum intelligenten Unternehmen*, Springer Berlin 1998.

Bush (1945): Vannevar Bush, *Science, the Endless Frontier*, National Science Foundation Washington D.C. 1945.

Chase (1970): J. M. Chase, *Normative Criteria for Scientific Publication*, The American Sociologist **5** (1970), S. 262 - 265.

Cichetti (1991): D. V. Cichetti, *The Reliability of Peer Review for Manuscript and Grant Submissions. A Cross-Disciplinary Analysis*, Behavioral and Brain Sciences **14** (1991), S. 119 - 135.

Cole (1981): St. Cole, J. Cole und G. Simon, *Chance and Consensus in Peer Review*, Science **214** (1981), S. 881 - 886.

Cowan (2000): Robin Cowan, Paul A. David und Dominique Foray, *The Explicit Economics of Knowledge Codification and Tacitness*, Industrial and Corporate Change **9** (2000), S. 211 - 253.

Crane (1972): Diana Crane, *Invisible Colleges. Diffusion of Knowledge in Scientific Communites*, University of Chicago Press 1975.

Crawford (1970): S. Crawford, *Informal Communication Among Scientists in Sleep and Dream Research*, Dissertation University of Chicago 1970.

Cuhls (1998): Kerstin Cuhls, *Technikvorausschau in Japan*, Dissertation FhG-ISI Karlsruhe 1998.

Daele (1979): Wolfgang van den Daele, Wolfgang Krohn und Peter Weingart [Hrsg.], *Geplante Forschung. Vergleichende Studien über den Einfluß politischer Programme auf die Wissenschaftsentwicklung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1979.

Darmstaedter (1904): Ludwig Darmstaedter und René du Bois-Reymond, *4000 Jahre Pionierarbeit in den exakten Wissenschaften*, Stargardt Berlin 1904.

Darmstaedter (1908): Ludwig Darmstaedter, *Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik*, Springer Berlin 1908.

Davenport (1998): Thomas Davenport und Laurence Prusak, *Wenn ihr Unternehmen wüßte, was es alles weiß ...*, Verlag Moderne Industrie 1998 (Original: *Working Knowledge*, Harvard Business School Press Boston/Mass. 1998).

Davidson (1984): Donald Davidson, *Wahrheit und Interpretation*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1986 (Original: *Inquiries into Truth and Interpretation*, Oxford University Press 1984).

Dierkes (1997): Meinolf Dierkes [Hrsg.], *Technikgenese*, edition sigma Berlin 1997.

Dietz (2002): Volkmar Dietz, *Futur – Der deutsche Forschungsdialog*, Development & Perspectives 1/2002, S. 3 - 24.

DiTrocchio (1994): Federico DiTrocchio, *Der große Schwindel. Betrug und Fälschung in der Wissenschaft*, Campus Frankfurt/Main 1994.

DFG (2002): Deutsche Forschungsgemeinschaft, *Perspektiven der Forschung und ihrer Förderung*, Wiley-VCH Weinheim 2002 (seit 1961 regelmäßig erscheinende Schrift).

DFG (1998): Deutsche Forschungsgemeinschaft, *Vorschläge zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Empfehlungen der Kommission 'Selbstkontrolle in der Wissenschaft'*, Wiley-VCH Weinheim 1998.

Dörner (1999): Dietrich Dörner, *Bauplan für eine Seele*, Rowohlt Reinbek 1999.

Dosi (1982): Giovanni Dosi, *Technological Paradigms and Technological Trajectories*, Research Policy **11** (1982), S. 147 - 162.

Dosi (1988): G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg und L. Soete [Hrsg.], *Technical Change and Economic Theory*, Pinter London 1988.

Dreborg (1996): Karl Dreborg, *Essence of Backcasting*, Futures **28** (1996) No 9, S. 813 - 828.

Ebel-Gabriel (2001): Christiane Ebel-Gabriel, *Evaluieren wir uns zu Tode?*, Physikalische Blätter **57** (2001) Nr. 5, S. 3.

Eberlein (1983): Gerald Eberlein und Norbert Dietrich, *Die Finalisierung der Wissenschaft. Analyse und Kritik einer forschungspolitischen Theorie*, Alber Freiburg 1983.

Eigenbrod (2001): Hartmut Eigenbrod, Matthias Kölbel, Jens Kube und Hergen Schultze, *Geschäftsplan FORUMnvum Dynamic Publishing. Beitrag zur ersten Stufe des Gründungswettbewerbs 'promotion Nordhessen'*, unveröff. Manuskript, FORUMnovum GbR Göttingen 2001.

Einhäupl (2001): Karl M. Einhäupl, *Forschung made in Germany auf dem Prüfstand*, Physikalische Blätter **57** (2001) Nr. 7/8, S. 3.

Ellwein (1985): Thomas Ellwein, *Die deutsche Universität. Vom Mittelalter bis zur Gegenwart*, Athenäum Königstein/Taunus 1985.

Etzkowitz (1997): Henry Etzkowitz und Loet Leydesdorff [Hrsg.], *Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, Pinter London 1997.

Eucken (1947): Walter Eucken, *Die Grundlagen der Nationalökonomie*, 5. Auflage, Küpper Godesberg 1947.

Eulenburg (1904): Franz Eulenburg, *Die Frequenz der deutschen Universitäten von ihrer Gründung bis zur Gegenwart*, Akademie Verlag Berlin 1994 (Nachdruck, urspünglich in: *Abhandlungen der philosophisch-historischen Klasse der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, Bd. 24, II, Leipzig 1904).

Feldhaus (1904): Franz Feldhaus, *Lexikon der Erfindungen und Entdeckungen auf den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik*, Winter Heidelberg 1904.

Felt (1995): Ulrike Felt, Helga Nowotny und Klaus Taschwer, *Wissenschaftsforschung. Eine Einführung*, Campus Frankfurt/Main 1995.

Feyerabend (1975): Paul Feyerabend, *Wider den Methodenzwang*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1983 (Original: *Against Method*, New Left Books London 1975).

FhG-ISI (1998): *Delphi '98: Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik*, FhG-ISI Karlsruhe 1998.

Finetti (1999a): Marco Finetti [Red.], *Pro Wissenschaft. Forschungsförderung in Deutschland. Aufbau – Akteure – Adressaten*, Raabe Stuttgart 1999.

Finetti (1999b): Marco Finetti und Armin Himmelrath, *Der Sündenfall. Betrug und Fälschung in der deutschen Wissenschaft*, Raabe Stuttgart 1999.

Fischedick (1999): Manfred Fischedick, Ingrid Rode und Stephan Ramesohl, *Identifikation und Bewertung von Zukunftstechnologien unter besonderer Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in NRW. Endbericht Vorstudie*, Wuppertal Institut 1999.

Fischedick (2001): M. Fischedick, C. Barthel, S. Ramesohl, D. Wolters, C. Jungbluth, M. Kölbel, C. Dudda, F. Merten und P. Hennicke, *Der Beitrag regenerativer Energien und rationeller Energienutzung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen. Analyse und Bewertung von Zukunftstechnologien, deren Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur und Ableitung technologiepolitischer Handlungsempfehlungen. Technologiebibliothek (Version 1)*, Wuppertal Institut 2001.

Fläming (1981): Christian Fläming, Volker Grellert, Otto Kimminich, Ernst-Joachim Meusel, Hans Heinrich Rupp, Dieter Scheven, Hermann Josef Schuster und Friedrich Graf Stenbock-Fermor [Hrsg.], *Handbuch des Wissenschaftsrechts*, 2 Bd., Springer Berlin 1981.

Fleck (1935): Ludwik Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Eine Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1980 (Nachdruck, ursprünglich: Schwabe Basel 1935).

Fleming (1998): James Rodger Fleming, *Historical Perspectives on Climate Change*, Oxford University Press 1998.

Frascati-Manual: OECD Directorate for Scientific Affairs, *The Measurement of Scientific and Technical Activities. Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development. Frascati Manual*, OECD Paris 1962 (überarbeitete Fassungen 1970, 1976, 1980, 1993, 2002).

Fuchs (1994): Marek Fuchs, *Forschungsorganisation in Hochschulinstituten. Der Fall Maschinenbau*, Campus Frankfurt/Main 1994.

Garfield (1979): Eugene Garfield, *Citation Indexing. Its Theory and Application in Science, Technology, and Humanities*, John Wiley & Sons New York 1979.

Geigant (1987): Friedrich Geigant, Dieter Sobotka und Horst Westphal [Hrsg.], *Lexikon der Volkswirtschaft*, 5. Auflage, Verlag Moderne Industrie Landsberg 1987.

Georgescu-Roegen (1971): Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and The Economic Process*, Harvard University Press 1971.

Gibbons (1994): Michael Gibbons, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott und Martin Trow: *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research*, Sage London 1994.

Gizycki (1987): Rainald von Gizycki, *Wie können Nicht-Wissenschaftler Forschung initiieren?*, in: Gudrun-Anne Eckerle [Hrsg.], *Forschung, Wissensanwendung und Partizipation*, Nomos Baden-Baden 1987.

Gleich (1998): Arnim von Gleich [Hrsg.], *Bionik. Ökologische Technik nach dem Vorbild der Natur?*, Teubner Stuttgart 1998.

Glotz (1998): Peter Glotz, *Im Kern verrottet? 5 vor 12 an Deutschlands Universitäten*, DVA Stuttgart 1996.

Götze (1990): Uwe Götze, *Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung*, Dissertation Universität Göttingen 1990.

Gottfredson (1978): St. Gottfredson, *Evaluating Psychological Research Reports. Dimensions, Reliability and Correlates of Quality Judgements*, American Psychologist **33** (1978), S. 920-934.

Gräfrath (1991): Bernd Gräfrath, Renate Huber und Brigitte Uhlemann, *Einheit – Disziplinarität – Komplementarität*, de Gruyter Berlin 1991.

Gregory (1998): Jane Gregory und Steve Miller, *Science in Public. Communication, Culture, and Credibility*, Plenum Trade New York 1998.

Grupp (1995): Hariolf Grupp, *Der Delphi-Report. Innovationen für unsere Zukunft*, DVA Stuttgart 1995.

Grupp (1999): Hariolf Grupp und Harold Linstone, *National Technology Foresight Activities Around the Globe*, Technological Forecasting and Social Change **60** (1999) No 1, S. 85-94.

Grupp (2002): Hariolf Grupp, Ićiar Dominguez-Lacasa und Monika Friedrich-Nishio, *Das deutsche Innovationssystem seit der Reichsgründung. Indikatoren einer nationalen Wissenschafts- und Technikgeschichte in unterschiedlichen Regierungs- und Gebietsstrukturen*, Physika-Verlag Heidelberg 2002

Hacker (2000): Rupert Hacker, *Bibliothekarisches Grundwissen*, 7. Auflage K. G. Saur München 2000.

Hammerstein (1999): Notker Hammerstein, *Die Deutsche Forschungsgemeinschaft 1920-1945*, Beck München 1999.

Harnad (1990): Stevan Harnad, *Scholarly Skywriting and the Prepublication Continuum of Scientific Inquiry*, Current Contents **45** (1991), S. 9 - 13 (Nachdruck aus: Psychological Science **1** (1990), S. 342 - 343).

Harnad (1999): Stevan Harnad, *Free at Last: The Future of Peer-Reviewed Journals*, D-Lib Magazine **5** (1999) No 12.

Hardy (2001): Jörg Hardy, *Platons Theorie des Wissens im Theaitet*, Vandenhoeck & Ruprecht Göttingen 2001.

Harnack (1900): Adolf von Harnack, *Geschichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 3 Bd., Olms Hildesheim 1970 (Nachdruck, ursprünglich Reichsdruckerei Berlin 1900).

Hartmann (1989): Ilse Hartmann, *Begutachtung in der Forschungsförderung. Die Argumente der Gutachter in der Deutschen Forschungsgemeinschaft*, Dissertation Universität Köln 1989.

Heckhausen (1987): Heinz Heckhausen, *'Interdisziplinäre Forschung' zwischen Intra-, Multi- und Chimären-Disziplinarität*, in: Jürgen Kocka [Hrsg.], *Interdisziplinarität*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1987.

Heisenberg (1969): Werner Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, Piper München 1969.

Hennicke (1989): Peter Hennicke und Michael Müller, *Die Klimakatastrophe*, Dietz Bonn 1989.

Hennicke (2002): Peter Hennicke [Hrsg.], *Nachhaltigkeit. Ein neues Geschäftsfeld?*, Hirzel Stuttgart 2002.

Hill (1997): Hermann Hill [Hrsg.], *Wissensmanagement*, Heymann Köln 1997.

HIS (1972): HIS [Hrsg.], *Die Kulturausgaben der Länder, des Bundes und der Gemeinden 1950 bis 1967*, Beltz Weinheim 1972.

Hohmann (1989): Harald Hohmann, *Gesetz und Wirklichkeit in den Sozialwissenschaften*, Dissertation Universität Tübingen 1989.

Hohn (1990): Hans-Willy Hohn und Uwe Schimank, *Konflikte und Gleichgewichte im Forschungssystem. Akteurskonstellationen und Entwicklungspfade in der staatlich finanzierten außeruniversitären Forschung*, Campus Frankfurt/Main 1990.

Hornbostel (1997): Stefan Hornbostel, *Wissenschaftsindikatoren*, Westdeutscher Verlag Opladen 1997.

Horváth (1996): Péter Horváth (1996), *Controlling*, Vahlen München 1996.

Hoven (1989): Arno Hoven, *Wege zur Wahrheit. Eine typologische Studie über Wahrheitstheorien*, Lang Frankfurt/Main 1989.

HRK (2000): *Hochschulliste Stand Juli 2000*, Hochschulrektorenkonferenz Bonn 2000.

Hubig (1997): Christoph Hubig, *Technologische Kultur*, Leipziger Universitätsverlag 1997.

INFAS (1988): *Qualitätsmerkmale sozialwissenschaftlicher Forschung*, Institut für angewandte Sozialwissenschaft (INFAS) Bonn 1988.

Irvine (1984): John Irvine und Ben Martin, *Foresight in Science. Picking the Winners*, Pinter London 1984.

Irvine (1989): John Irvine und Ben Martin, *Research Foresight. Priority Setting in Science*, Pinter London 1989.

Irwin (1996): Alan Irwin und Brian Wynne [Hrsg.], *Misunderstanding Science. Public Reconstruction of Science and Technology*, Cambridge University Press 1996.

Jansen (1999): Leo Jansen, *Das niederländische Programm für nachhaltige Technologieentwicklung*, in: Gert Kaiser, Katharina Wetzel-Vandai und Arne Claussen [Hrsg.], *Technologiebedarf im 21. Jahrhundert. Technikvorausschau und Technologiepolitik in Europa*, Campus Frankfurt/Main 1999.

Jantsch (1967): Erich Jantsch, *Technological Forecasting in Perspective*, OECD Paris 1967.

Jantsch (1972): Erich Jantsch, *Towards Interdiziplinarity and Transdisziplinarity in Education and Innovation*, in: CERI, *Interdisziplinarity. Problems of Teaching and Research in Universities*, OECD Paris 1972.

Jevons (1865): William S. Jevons, *The Coal Question*, Kelley New York 1865.

Joerges (2001): Bernward Joerges und Terry Shinn [Hrsg.], *Instrumentation Between Science, State, and Industry*, Kluwer Dordrecht 2001.

Jungk (1981): Robert Jungk und Norbert Müllert, *Zukunftswerkstätten*, Hoffmann & Campe Hamburg 1981.

Kaiser (1999): Gert Kaiser, Katharina Wetzel-Vandai und Arne Claussen [Hrsg.], *Technologiebedarf im 21. Jahrhundert. Technikvorausschau und Technologiepolitik in Europa*, Campus Frankfurt/Main 1999.

Kates (2001): R. W. Kates, W. C. Clark, R. Corell, J. M. Hall, C. C. Jaeger, I. Lowe, J. J. McCarthy, H. J. Schellnhuber, B. Bolin, N. M. Dickson, S. Faucheux, G. C. Gallopin, A. Grübler, B. Huntley, J. Jäger, N. S. Jodha, R. E. Kasperson, A. Mabogunje, P. Matsan, H. Mooney, B. Moore III, T. O'Riordan, U. Svedin, *Sustainability Science*, Science **292** (2001), S. 641 - 642.

Kaufmann (1987): Franz-Xaver Kaufmann, *Interdisziplinäre Wissenschaftspraxis. Erfahrungen und Kriterien*, in: Jürgen Kocka [Hrsg.], *Interdisziplinarität*, Suhrkamp/Frankfurt/Main 1987.

Keller (2003): Alice Keller, *Zeitschriftenkonsortien: Sinn oder Unsinn?*, in: Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Walter Umstätter [Hrsg.], *Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002*, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin 2003.

Klodt (1987): Henning Klodt, *R&D Subsidies and Export Performance of Manufacturing Industries*, Technovation **7** (1987), S. 51 - 61.

Klodt (1998): Henning Klodt, *Effizienz der staatlichen Forschungsförderung: Ergebnisse empirischer Studien im Überblick*, unveröff. Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Institut für Weltwirtschaft Kiel 1998.

Klump (1972): Hans Klump, *Probleme der 'Rationalisierung' der Prioritätensetzung in der Forschungsplanung durch die Anwendung formalisierter Entscheidungsverfahren*, in: Wolfgang Pohrt [Hrsg.], *Wissenschaftspolitik – von wem, für wen, wie? Prioritäten in der Forschungsplanung*, Hanser München 1974.

Kocka (1987): Jürgen Kocka [Hrsg.], *Interdisziplinarität. Praxis – Herausforderung – Ideologie*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1987.

Kölbel (1998): Matthias Kölbel, *Rundgang über den Stadtfriedhof I-IV*, Göttinger Fachschaftszeitung Physik 'Die Banalen', Hefte I-IV 1998/1999.

Kölbel (2002a): Matthias Kölbel, *Das Wachstum der Wissenschaft in Deutschland 1650 - 2000*, in: Heinrich Parthey und Günter Spur [Hrsg.], *Wissenschaft und Innovation. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001*, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin 2002.

Kölbel (2002b): Matthias Kölbel, *Wachstum der Wissenschaftsressourcen 1650 - 2000 in Deutschland*, Berichte zur Wissenschaftsgeschichte **25** (2002) Nr. 1, S. 1 - 23.

Kölbel (2003): Matthias Kölbel, *FORUMnovum Dynamic Publishing. Ein Konzept für die Zukunft des wissenschaftlichen Journals*, in: Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Walter Umstätter [Hrsg.], *Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002*, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin 2003.

König (1990): Wolfgang König [Hrsg.], *Propyläen Technikgeschichte*, 5 Bd., Propyläen Berlin 1990 - 1992.

Krauch (1966): Helmut Krauch, Werner Kunz und Horst Rittel [Hrsg.], *Forschungsplanung*, Oldenbourg München 1966.

Krauch (1970a): Helmut Krauch, *Die organisierte Forschung*, Luchterhand Neuwied 1970.

Krauch (1970b): Helmut Krauch, *Prioritäten für die Forschungspolitik*, Hanser München 1970.

Krohn (1989): Wolfgang Krohn, *Die Verschiedenheit der Technik und die Einheit der Techniksoziologie*, in: Peter Weingart [Hrsg.], *Technik als sozialer Prozeß*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1989.

Krull (1999): Wilhelm Krull [Hrsg.], *Forschungsförderung in Deutschland. Bericht der internationalen Kommission zur Systemevaluation der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft*, Scherrer Druck Hannover 1999.

Kronick (1962): David A. Kronick, *A History of Scientific & Technical Periodicals. The Origins and Development of the Scientific and Technical Press 1665-1790*, Dissertation University of Chicago Graduate Library School 1962.

Krüger (1987): Lorenz Krüger, *Einheit der Welt – Vielheit der Wissenschaft*, in: Jürgen Kocka [Hrsg.], *Interdisziplinarität*, Suhrkamp Frankfurt/Main.

Kruse (1998): Volker Kruse, *Analysen zur deutschen historischen Soziologie*, Lit-Verlag Münster 1998.

Küppers (1978): Günther Küppers, Peter Lundgreen und Peter Weingart, *Umweltforschung – die gesteuerte Wissenschaft? Eine empirische Studie zum Verhältnis von Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftspolitik*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1978.

Kuhn (1959): Thomas S. Kuhn, *Die grundlegende Spannung: Tradition und Neuerung in der wissenschaftlichen Forschung*, in: Ders., *Die Entstehung des Neuen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1978 (Original: *The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research*, in: C. W. Taylor [Hrsg.], *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Scientific Talent*, University of Utah Salt Lake City 1959).

Kuhn (1962): Thomas S. Kuhn, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1976 (Original: *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press 1962).

Lafollette (1992): Marcel Lafollette, *Stealing into Print. Fraud, Plagiarism, and Misconduct in Scientific Publishing*, University of California Press Berkeley 1992.

Lakatos (1970): Imre Lakatos, *Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme*, in: Imre Lakatos und Alan Musgrave [Hrsg.], *Kritik und Erkenntnisfortschritt*, Vieweg Braunschweig 1974 (Original: *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes*, in: Lakatos und Musgrave [Hrsg.], *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press 1970).

Latour (1979): Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*, Sage London 1979.

Lorenzen (1974): Paul Lorenzen, *Konstruktive Wissenschaftstheorie*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1974.

Lotka (1926): Alfred Lotka, *The Frequency Distribution of Scientific Productivity*, Journal of the Washington Academy of Science **16** (1926), S. 317 - 323.

Lundgreen (1986): Peter Lundgreen, Bernd Horn, Wolfgang Krohn und Günther Küppers, *Staatliche Forschung in Deutschland 1870 - 1980*, Campus Frankfurt/Main 1986.

Luhmann (2001): Hans-Jochen Luhmann, *Die Blindheit der Gesellschaft*, Gerling Akademie Verlag München 2001.

Luhmann (1990): Niklas Luhmann, *Die Wissenschaft der Gesellschaft*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1990.

Mahroum (1998): Sami Mahroum, *Europa und die Herausforderung durch 'Brain Drain'*, IPTS-Report **29** (1998), S. 23 - 29.

Mainzer (1979): Klaus Mainzer, *Entwicklungsfaktoren der Informatik in der BRD*, in: Wolfgang van den Daele, Wolfgang Krohn und Peter Weingart [Hrsg.], *Geplante Forschung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1979.

Mansfield (1991): Edwin Mansfield, *Academic Research and Industrial Innovation*, Research Policy **20** (1991), S. 1 - 12.

Markl (1987): Hubert Markl, *Das akademische Ökosystem*, Konstanzer Universitätsreden Nr. 159, 1987.

Markl (1993a): Hubert Markl, *Die Zukunft der Forschung an den Hochschulen*, in: Erlanger Universitätsreden Nr. 44, 3. Folge, 1993.

Markl (1993b): Hubert Markl, *Wissenschaft: Wachstum ohne Grenzen?*, Nova Acta Leopoldina **NF 69** Nr. 285, S. 63 - 76, Wiederabruck in: Hubert Markl, *Wissenschaft gegen Zukunftsangst*, Hanser München 1998.

Markl (2000): Hubert Markl, *Forschung als Antrieb von Innovation: Über die Voraussetzungen wissenschaftlicher Kreativität*, in: Engelbert Bruch, Joachim Müller und Claus Dieter Wielowski, *Innovationen. Bausteine des Erfolgs von morgen*, Verlag Moderne Industrie Landsberg 2000. Marsh (1981): H. Marsh und S. Ball, *Interjudgemental Reliabilty of Reviews for*

the Journal of Educational Psychology, Journal of Educational Psychology **73** (1981) No 6, S. 872 - 880.

Martin (1999): Ben Martin, *Das britische 'Technology Foresight Programme'*, in: Gert Kaiser, Katharina Wetzel-Vandai und Arne Claussen [Hrsg.], *Technologiebedarf im 21. Jahrhundert. Technikvorausschau und Technologiepolitik in Europa*, Campus Frankfurt/Main 1999.

Marx (1998): Werner Marx, Hermann Schier und Michael Wanitschek, *Kann man Forschungsqualität messen? – Zitierungszahlen als Maß für Resonanz auf wissenschaftliche Aktivität*, MPG-Spiegel 3/1998.

Marx (2001): Werner Marx und Hermann Schier, *Zitierungszahlen – eine Messlatte zur Bewertung von Forschungsqualität?*, Physikalische Blätter **57** (2001) Nr. 10, S. 25 - 29.

Massarat (2000): Mohssen Massarrat, *Dritte Kammern. Weniger Staat - mehr Zivilgesellschaft. Ein Schritt zur nachhaltigen Demokratie*, Universitas Feb/2000, S. 185 - 197 (erweiterte Fassung von M. Massarrat, *Soziale Bewegungen und parlamentarische Repräsentation. Ein Plädoyer für Dritte Kammern*, Blätter für deutsche und internationale Politik, 6/1995, S. 690 - 698).

Maturana (1980): Humberto Maturana und Francisco Varela, *Autopoiesis and Cognition*, Reidel Dordrecht 1980.

Meadows (1972): Denis L. Meadows, Donella H. Meadows und Jorgen Randers, *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*, DVA Stuttgart 1972 (Original: *Limits to Growth*, Universe Books New York 1972).

Meierhofer (1983): Lukas Meierhofer, *Projektselektion in der Forschungsförderung*, Dissertation Universität Basel 1983.

Menard (1971): Henry W. Menard, *Science: Growth and Change*, Harvard University Press Cambridge/Mass. 1971.

Meyer-Abich (1997): Klaus Michael Meyer-Abich, *Praktische Naturphilosophie*, Beck München 1997.

Meyer-Krahmer (1996): Frieder Meyer-Krahmer und Wilhelm Krull [Hrsg.], *Science and Technology in Germany*, Catermill London 1996.

Merton (1973): Robert K. Merton, *The Sociology of Science*, University of Chicago Press 1973 (auszugsweise auf Deutsch erschienen als: *Entwicklung und Wandel von Forschungsinteressen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1985).

Minx (2000): Eckard Minx, *Daumen in den Wind*, SPIEGEL 14/2000, S. 155 - 156.

Mittelstraß (1987): Jürgen Mittelstraß, *Die Stunde der Interdisziplinarität?*, in: Jürgen Kocka [Hrsg.], *Interdisziplinarität*, Suhrkamp Frankfurt/Main.

Mittelstraß (1992): Jürgen Mittelstraß, *Leonardo-Welt. Über Wissenschaft, Forschung und Verantwortung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1992.

Mittelstraß (1998): Jürgen Mittelstraß, *Die Häuser des Wissens*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1998.

MPG (1995): *Berichte und Mitteilungen*, Heft 1/95 mit dem Titel „Der schrumpfende Freiraum zur Forschung“, Max-Planck-Gesellschaft München 1995.

Müller-Böling (1995): Detlef Müller-Böling [Hrsg.], *Qualitätssicherung in Hochschulen*, Bertelsmann Gütersloh 1995.

Nachtigall (1998): Werner Nachtigall, *Bionik. Grundlagen und Beispiele für Naturwissenschaftler*, Springer Berlin 1998.

Neidhardt (1988): Friedhelm Neidhardt, *Selbststeuerung in der Forschungsförderung. Das Gutachterwesen der DFG*, Westdeutscher Verlag Opladen 1988.

Nelson (1982): R. Nelson und G. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press Cambridge/Mass. 1982.

Neubauer (1996): Karl Wilhelm Neubauer [Hrsg.], *Elektronisches Publizieren und Bibliotheken*, Sonderheft *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie* Nr. 65, Klostermann Frankfurt/Main 1996.

Neuhoff (1986): Volker Neuhoff, *Der Kongreß. Vorbereitung und Durchführung wissenschaftlicher Tagungen*, VCH Weinheim 1986.

Nowotny (2001): Helga Nowotny, *Vom Geschichtenerzählen zur Koevolutionswissenschaft*, GAIA **10** (2001) Heft 4, S. 263 - 264.

Oelmüller (1983): Willi Oelmüller, Ruth Dölle-Oelmüller und Carl Friedrich Geyer, *Diskurs: Metaphysik*, Schöningh Paderborn 1983.

Oseman (1989): Robert Oseman, *Conferences and Their Literature*, Library Association London 1989.

Ossowski (1936): Marja Ossowska und Stanislaw Ossowski, *The Science of Science*, Organon **1** (1936) No 1, S. 1 - 12 (dt. in Helmut Krauch, Werner Kunz und Horst Rittel [Hrsg.], *Forschungsplanung*, Oldenbourg München 1966).

OST (1995): *National Critical Technologies Report*, Office of Science and Technology Washington D.C. 1995.

Pechtl (1991): Hans Pechtl, *Innovatoren und Imitatoren im Adoptionsprozeß von technischen Neuerungen*, Dissertation Universität Passau 1991.

Pfetsch (1974): Frank R. Pfetsch, *Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland 1750 - 1914*, Duncker & Humblot Berlin 1974.

Pfetsch (1982): Frank R. Pfetsch, *Datenhandbuch zur Wissenschaftsentwicklung*, Zentrum für historische Sozialforschung Köln 1982.

Pfetsch (1990): Frank R. Pfetsch, *Staatliche Wissenschaftsförderung in Deutschland 1870 - 1975*, in: Rüdiger vom Bruch und Rainer Müller [Hrsg.], *Formen außerstaatlicher Wissenschaftsförderung im 19. und 20. Jahrhundert – Deutschland im europäischen Vergleich*, Franz Steiner Verlag Stuttgart 1990.

Pfister (1994): Christian Pfister, *Bevölkerungsgeschichte und historische Demographie 1500 - 1800*, Oldenbourg München 1994.

Picht (1964): Georg Picht, *Die deutsche Bildungskatastrophe*, Herder Freiburg/Br. 1964.

Picht (1967): Georg Picht, *Utopie – Prognose – Planung*, Klett Stuttgart 1967.

Picht (1989): Georg Picht, *Der Begriff der Natur und seine Geschichte*, Klett-Cotta Stuttgart 1989.

Picht (1993): Georg Picht, *Geschichte und Gegenwart*, Klett-Cotta Stuttgart 1993.

Platon (o. J.), *Theätet*, in: Otto Apelt [Hrsg.], *Platon. Sämtliche Dialoge*, 7 Bd., Meiner Leipzig 1920/22 (Griechischer Originaltext in: E. A. Duke, W. F. Hicken, W. S. M. Nicoll, D. B. Robinson und J. C. G. Strachan, *Platonis Opera*, Bd. I, Oxford University Press 1995).

Planck (1933): Max Planck, *Vorträge und Erinnerungen*, Hirzel Stuttgart 1949 (ursprünglich: *Wege zur physikalischen Erkenntnis. Reden und Vorträge*, Hirzel Leipzig 1933).

Polanyi (1962): Michael Polanyi, *The Republic of Science*, Minerva **1** (1962), S. 54 - 73; Wiederabdruck in Shils (1968).

Polanyi (1966): Michael Polanyi, *Implizites Wissen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1985 (Original: *The Tacit Dimension*, Doubleday New York 1966).

Popper (1965): Karl R. Popper, *Conjectures and Refutations*, Routledge London 1965.

Popper (1972): Karl R. Popper, *Objective Knowledge*, Clarendon Press Oxford 1972.

Poser (1987): Hans Poser, *Metaphysik und die Einheit der Wissenschaft*, in: Willi Oelmüller [Hrsg.], *Metaphysik heute*, Schöningh Paderborn 1987.

Price (1961): Derek J. de Solla Price, *Science since Babylon*, Yale University Press New Haven 1961.

Price (1963): Derek J. de Solla Price, *Little Science – Big Science. Von der Studierstube zur Großforschung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1974 (Original: *Little Science – Big Science*, Columbia University Press New York 1963).

Price (1986): Derek J. de Solla Price, *Little Science – Big Science ... and beyond*, Columbia University Press New York 1986.

Probst (1997): Gilbert Probst, Steffen Raub und Kai Romhardt, *Wissen managen. Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*, Gabler Wiesbaden 1997.

Puntel (1993): Lorenz Bruno Puntel, *Wahrheitstheorien in der neueren Philosophie*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt 1993.

Quine (1953): Willard van Orman Quine, *On What There Is*, in: *From a Logical Point of View*, Harvard University Press 1971 (Erstpubilkation 1953).

Rainoff (1929): T. J. Rainoff, *Wave-like Fluctuations of Creative Productivity in the Development of West-European Physics in the 18th and 19th Centuries*, Isis **12** (1929), S. 287 - 307.

Ravetz (1971): Jerome R. Ravetz, *Die Krise der Wissenschaft*, Luchterhand 1973 (Original: *Scientific Knowledge and its Social Problems*, Oxford University Press 1971).

Reibnitz (1992): Ute von Reibnitz, *Szenariotechnik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung*, Gabler Wiesbaden 1992.

Reiner (1954): H. Reiner, *Die Entstehung und ursprüngliche Bedeutung des Namens Metaphysik*, Zeitschrift für philosophische Forschung **8** (1954), S. 210 - 237.

Rescher (1978): Nicholas Rescher, *Wissenschaftlicher Fortschritt*, de Gruyter Berlin 1982 (Original: *Scientific Progress*, Basil Blackwell Oxford 1978).

Riedl (1985): Rupert Riedl, *Die Spaltung des Weltbilds*, Parey Berlin 1985.

Robinson (1982): John B. Robinson, *Energy Backcasting. A Proposed Method of Policy Analysis*, Energy Policy (Dezember 1982), S. 337 - 344.

Robinson (1990): Robinson, *Futures Under Glass. A Recipe for People who Hate to Predict*, Futures (Oktober 1990), S. 820 - 842.

Rogers (1962): Everett M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, Free Press New York London 1962.

Rose (1967): Steven Rose, *The S-Curve Considered*, Technology and Society **4** (1967), S. 33 - 39.

Rosselli (1996): Rosselli fondazione [Hrsg.], *National Priorities for Industrial Research. Synthesis*, Turin 1996.

Roy (1985): R. Roy, *Funding Science: The Real Defects of Peer Review and An Alternative To It*, Science Technology & Human Values **10** (1985) No 3, S. 73 - 81.

Runggaldier (1998): Edmund Runggaldier und Christian Kanzian, *Grundprobleme der Analytischen Ontologie*, Schöningh Paderborn 1998.

Schellnhuber (2001): Hans-Joachim Schellnhuber, *Die Koevolution von Natur, Gesellschaft und Wissenschaft*, GAIA **10** (2001) Heft 4, S. 258 - 262.

Schelsky (1977): Helmut Schelsky, *Mehr Demokratie oder mehr Freiheit?* in: Erhard Denninger [Hrsg.], *Freiheitliche demokratische Grundordnung*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1977.

Schmoch (2000): Ulrich Schmoch, Georg Licht und Michael Reinhard [Hrsg.], *Wissens- und Technologietransfer in Deutschland*, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2000.

Schmookler (1966): Jacob Schmookler, *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press Cambridge/Mass. 1966.

Schrattenholzer (2001): L. Schrattenholzer, *Technology Clusters in Sustainable-Development Scenarios*, IIASA Laxenburg 2001.

Schreyögg (1996): Georg Schreyögg [Hrsg.], *Wissensmanagement*, de Gruyter Berlin 1996.

Scott (1974): W. A. Scott, *Interreferee Agreement on some Characteristics of Manuscripts Submitted to the Journal of Personality and Social Psychology*, American Psychologist **29** (1974), S. 689 - 702.

Shils (1968): Edward Shils [Hrsg.], *Criteria for Scientific Development. Public Policy and National Goals. A Selection of Articles from Minerva*, MIT Press Cambridge/Mass. 1968.

Sieferle (1982): Rolf Peter Sieferle, *Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution*, Beck München 1982.

Skirbekk (1977): Gunnar Skirbekk [Hrsg.], *Wahrheitstheorien. Eine Auswahl aus den Diskussionen über Wahrheit im 20. Jahrhundert*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1977.

Snow (1959): C. P. Snow, *Die zwei Kulturen*, Klett Stuttgart 1967 (Original: *The Two Cultures: And a Second Look*, Cambridge University Press 1959/1963).

Spiegel-Rösing (1973): I. S. Spiegel-Rösing, *Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftssteuerung*, Athenäum Frankfurt/Main 1973.

Statistisches Bundesamt (2000a): Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden vom Juli 2000 über die Bevölkerungsentwicklung der Bundesrepublik 1950 - 1997.

Statistisches Bundesamt (2000b): Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden vom Juli 2000 über die Entwicklung des deutschen Bruttosozialprodukts 1925 - 1997.

Statistisches Bundesamt (2000c): Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden vom Juli 2000 zum Hochschulpersonal 1972 - 1998.

Statistisches Bundesamt (2003a): Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden vom März 2003 zum Hochschulpersonal 1992 - 2001.

Statistisches Bundesamt (2003b): Schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden vom Mai 2003 zu den bereinigten Ausgaben der Gebietskörperschaften 1950 und 1965 - 2000.

Statistisches Jahrbuch (1880 - 2002): *Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich*, Statistisches Reichsamt Berlin (Jahrgänge 1880 - 1938); bzw. *Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland*, Statistisches Bundesamt Wiesbaden (Jahrgänge 1952 - 2002).

Staudt (2000): Erich Staudt, *Fataler Aktivismus der Forschungs-Macher*, Handelsblatt vom 12. 12. 2000, S. 51.

Stegmüller (1974): Wolfgang Stegmüller, *Probleme und Resultate der Analytischen Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Bd. I, *Wissenschaftliche Erklärung und Begründung*, Springer Berlin 1974.

Stichweh (1977): Rudolf Stichweh, *Ausdifferenzierung der Wissenschaft. Eine Analyse am deutschen Beispiel*, Kleine Bielefeld 1982 (zugl. Diplomarbeit Bielefeld 1977).

Stifterverband (1967): *Wissenschaftsausgaben der Wirtschaft 1964*, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft Essen 1967.

Stokes (1997): Donald E. Stokes, *Pasteur's Quadrant. Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Institution Press Washington D.C. 1997.

Stuhlhofer (1983): Franz Stuhlhofer, *Unser Wissen verdoppelt sich alle 100 Jahre*, Berichte zur Wissenschaftsgeschichte **6** (1983), S. 169 - 193.

Takeuchi (1995): I. Nonaka und H. Takeuchi, *The Knowledge Creating Company*, Oxford University Press 1995.

Tassoul (1998): Marc Tassoul, *Making Sense with Backcasting*, Creativity and Innovation Management **7** (1998) No 1, S. 32 - 45.

Tetens (2000): Holm Tetens, *Kommt die Grundlagenforschung an ein Ende? Wissenschaftstheoretische Überlegungen zu den Grenzen der Wissenschaft* in: Jürgen Mittelstraß [Hrsg.], *Die Zukunft des Wissens. XVII. Deutscher Kongress für Philosophie*, Akademie Verlag Berlin 2000.

TFSC (1999): Special Issue „National Foresight Projects", Technological Forecasting and Social Change **60** (1999) No 1.

Tröger (2000): Beate Tröger [Hrsg.], *Wissenschaft online*, Sonderheft *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie* Nr. 80, Klostermann Frankfurt/Main 2000.

Trow (1987): Martin Trow, *Die Universität am Ende des 20. Jahrhunderts und Tendenzen ihrer zukünftigen Entwicklung*, in: Hermann Röhrs [Hrsg.], *Tradition und Reform der Universität unter internationalem Aspekt*, Lang Frankfurt/Main 1987.

Toulmin (1966): Stephen Toulmin, *Is There a Limit to Scientific Growth?*, Science Journal **2** (1966), S. 80 - 85.

Umbach (2002): Eberhard Umbach, *Ist die Evaluitis heilbar? Gutachten müssen 'teurer' werden, um der Flut von Evaluierungswünschen Herr zu werden und den 'Wert' der Gutachten zu steigern*, Physik Journal **1** (2002) Nr. 2, S. 3.

Varian (1998): Hal R. Varian, *The Future of Electronic Journals*, Journal of Electronic Publishing **4** (1998) No 1.

VDI (2001): *Abschied von großen Zielen*, VDI Nachrichten vom 19. 1. 2001, S. 1.

Vico (1730): Giovanni Battista Vico, *Prinzipien einer neuen Wissenschaft über die gemeinsame Natur der Völker*, Meiner Hamburg 1990 (Original: *Principi di una scienza nuova d'intorno allo communa natura delle nazioni*, Neapel 1730).

Vierhaus (1996): Rudolf Vierhaus, *Bemerkungen zum sogenannten Harnack-Prinzip. Mythos und Realität*, in: Bernhard vom Brocke und Hubert Laitko [Hrsg.], *Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute*, de Gruyter Berlin 1996.

Wagner-Döbler (1989): Roland Wagner-Döbler, *Das Dilemma der Technikkontrolle*, Dissertation Universität Augsburg 1989.

Wagner-Döbler (1997): Roland Wagner-Döbler, *Wachstumszyklen technisch-wissenschaftlicher Kreativität. Eine quantitative Studie unter besonderer Beachtung der Mathematik*, Campus Frankfurt/Main 1997.

Wagner-Döbler (2001): Roland Wagner-Döbler, *Rescher's Principle of Decreasing Marginal Returns of Scientific Research*, Scientometrics **50** (2001) No 3, S. 419 - 436.

Weinberg (1963): Alvin Weinberg, *Criteria for Scientific Choice*, Minerva **1** (1963), S. 159 - 171; Wiederabdruck in Shils (1968).

Weinberg (1964): Alvin Weinberg, *Criteria for Scientific Choice II*, Minerva **3** (1964), S. 3 - 14; Wiederabdruck in Shils (1968).

Weingart (1976): Peter Weingart, *Wissensproduktion und soziale Struktur*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1976.

Weingart (1984): Peter Weingart und Matthias Winterhager, *Die Vermessung der Forschung. Theorie und Praxis der Wissenschaftsindikatoren*, Campus Frankfurt/Main 1984.

Weingart (1987): Peter Weingart, *Interdisziplinarität als List der Institution*, in: Jürgen Kocka [Hrsg.], *Interdisziplinarität*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1987.

Weingart (1991): Peter Weingart [Hrsg.], *Indikatoren der Wissenschaft und Technik. Theorie, Methoden, Anwendungen*, Campus Frankfurt/Main 1991.

Weingart (1999): Peter Weingart, *Neue Formen der Wissensproduktion: Fakt, Fiktion, Mode*, TA-Datenbanknachrichten **8** (1999) Nr. 3/4, S. 48 - 57.

Weingart (2001): Peter Weingart, *Die Stunde der Wahrheit? Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und Medien in der Wissensgesellschaft*, Velbrück Weilerswist 2001.

Weingart (2002): Peter Weingart, Anita Engels und Petra Pansegrau, *Von der Hypothese zur Katastrophe. Der anthropogene Klimawandel im Diskurs zwischen Wissenschaft, Politik und Massenmedien*, Leske + Budrich Opladen 2002.

Weterings (1999): Rob Weterings, *Technologiebedarf und Technikvorausschau in den Niederlanden*, in: Gert Kaiser, Katharina Wetzel-Vandai und Arne Claussen [Hrsg.], *Technologiebedarf im 21. Jahrhundert. Technikvorausschau und Technologiepolitik in Europa*, Campus Frankfurt/Main 1999.

Wetzel-Vandai (1999): Katharina Wetzel-Vandai, *Technologiebedarf der Zukunft – Innovationsforschung und Innovationspolitik im Wandel*, in: Gert Kaiser, Katharina Wetzel-Vandai und Arne Claussen [Hrsg.], *Technologiebedarf im 21. Jahrhundert*, Campus Frankfurt/Main 1999.

Weule (1995): *Forschungspolitik in Deutschland. Diskussion mit Hartmut Weule*, Alfred-Herrhausen-Gesellschaft Frankfurt/Main 1995.

Whitehead (1929): Alfred North Whitehead, *Prozeß und Realität*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1979 (Original: *Process and Reality*, Macmillan New York 1929).

Whitrow (1988): Gerald J. Whitrow, *Die Erfindung der Zeit*, Junius Hamburg 1991 (Original: *Time in History*, Oxford University Press 1988).

Willke (1998): Helmut Willke, *Systemisches Wissensmanagement*, Lucius & Lucius Stuttgart 1998.

Wissenschaftsrat (1986): *Empfehlungen zum Magazinbedarf wissenschaftlicher Bibliotheken*, Wissenschaftsrat Köln 1986.

Wissenschaftsrat (1994): *Empfehlungen zu einer Prospektion der Forschung*, Wissenschaftsrat Köln 1994.

Wissenschaftsrat (1998): *Pilotstudie zu einer Prospektion der Forschung anhand ausgewählter Gebiete*, Wissenschaftsrat Köln 1998.

Wissenschaftsrat (2000): *Thesen zur zukünftigen Entwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland*, Wissenschaftsrat Köln 2000.

Wissenschaftsrat (2002): *Stellungnahme zur Akademie für Technikfolgenabschätzung Baden-Württemberg*, Wissenschaftsrat Köln 2002.

WZN (1998): *Das Magazin*, Heft 2/98 zum Thema „Technologiebedarf", Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen Düsseldorf 1998.

WZN (2001): *Das Magazin*, Heft 1/01 zum Thema „Mensch oder Roboter – Wem gehört die Zukunft? Antworten auf Bill Joy“, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen Düsseldorf 2001.

Zerbst (1987): Ekkehard Zerbst, *Bionik. Biologische Funktionsprinzipien und ihre technischen Anwendungen*, Teubner Stuttgart 1987.

ZEW (2002): *Öffentliche Förderung der Forschungs- und Innovationsaktivitäten von Unternehmen in Deutschland*, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung Mannheim 2002.

Ziman (1994): John M. Ziman, *Prometheus Bound. Science in a Dynamic Steady State*, Cambridge University Press 1994.

Zimmer (1986): Dieter E. Zimmer, *So kommt der Mensch zur Sprache*, 7. Auflage Heyne München 1999 (Erstauflage 1986).

Zimmer (1999): Dieter E. Zimmer, *Das große Datensterben. Von wegen Infozeitalter: Je neuer die Medien, desto kürzer ist ihre Lebenserwartung*, Die ZEIT 47/1999.

Zimmer (2001): Dieter E. Zimmer, *Die Bibliothek der Zukunft*, Ullstein München 2001.

Zipf (1949): Georg K. Zipf, *Human Behaviour and the Principle of Least Effort*, Addison-Wesley Reading/Mass. 1949.

Zott (2003): Regine Zott, *Der Brief und das Blatt. Die Entstehung wissenschaftlicher Zeitschriften aus der Gelehrtenkorrespondenz*, in: Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Walter Umstätter [Hrsg.], *Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002*, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Berlin 2003.

Zucker (1994): B. Zucker und C. Schmitz, *Wissen nutzen statt verspielen*, Gablers Magazin 11-12/94, S. 62 - 65.

Zuckermann (1971): Harriet Zuckerman und Robert K. Merton, *Patterns of Evaluation in Science: Institutionalisation, Structures and Functions of Peer Review*, Minerva **9** (1971) No 1, S. 66 - 100; Wiederabdruck als *Institutionalized Patterns of Evaluation in Science* in: Robert K. Merton, *The Sociology of Science*, University of Chicago Press 1973; Deutsch als *Institutionalisierte Bewertungsstrukturen in der Wissenschaft* in: Robert K. Merton, *Entwicklung und Wandel von Forschungsinteressen*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1985.

Darüber hinaus wurden allgemein zugängliche Nachschlagewerke und andere Hilfsliteratur (Duden, LaTeX-Dokumentation etc.) benutzt.

Abkürzungsverzeichnis

BMBF:	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BSP:	Bruttosozialprodukt
DFG:	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DKRZ:	Deutsches Klima-Rechenzentrum
DOD:	US-Department of Defense
DOE:	US-Department of Energy
DPG:	Deutsche Physikalische Gesellschaft
FH:	Fachhochschule
FhG:	Fraunhofer-Gesellschaft
FIZ:	Fachinformationszentrum
FuE:	Forschung und Entwicklung
GDNÄ:	Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte
GHS:	Gesamthochschule
HGF:	Helmholtz-Gemeinschaft
IIASA:	International Institute for Applied Systems Analysis
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change
KMU:	kleine und mittlere Unternehmen
KWG:	Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (Vorläufer der Max-Planck-Gesellschaft)
KWI:	Kaiser-Wilhelm-Institut
LED:	Light Emitting Diode
MPG:	Max-Planck-Gesellschaft
MPI:	Max-Planck-Institut
NIH:	National Institutes of Health
NSF:	National Science Foundation
PH:	Pädagogische Hochschule
TAB:	Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag
TH:	Technische Hochschule
TU:	Technische Universität
UNEP:	United Nations Environment Program
VDI:	Verein Deutscher Ingenieure
VE:	Volkseinkommen
WGL:	Wissenschaftsgemeinschaft Gotttfried Wilhelm Leibniz
WMO:	World Meteorological Organisation
ZiF:	Zentrum für interdisziplinäre Forschung

Abbildungsverzeichnis

2.1 Wechselbeziehungen zwischen Wissenschafts- und Technologiesystem . . . 36
2.2 Systematik der Wissenschaften 40
2.3 Lebenszyklus von Fächern 45
2.4 Diffusion einer Innovation im Zeitverlauf 49

3.1 Professoren und Hochschulen pro Fläche 60
3.2 Professoren und Hochschulen pro Einwohner 60
3.3 Ausgaben für Forschung und Entwicklung 61
3.4 Staatliche Wissenschaftsausgaben 61

4.1 Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre 86
4.2 Darstellung eines Relevanzbaumes 109

6.1 Wissenschaft – Wirtschaft – Politik 171

8.1 Kopplung zwischen Wissenschaft und Politik: Das *Scout*-Konzept 219
8.2 Kompetenzprofil eines Spezialisten 223
8.3 Kompetenzprofil eines Generalisten 223

9.1 Zielorientierung in der Forschung 231
9.2 Zielorientierung in der Technikentwicklung 231

B.1 Phasen des Zukunftstechnologien-Projekts 262
B.2 Schema des Auswahlverfahrens 264

Tabellenverzeichnis

2.1 Typische Übertragungsvorgänge für Wissen 14
2.2 Quadranten der Zielorientierung für die Forschung 29
2.3 Quadranten der Zielorientierung für die technische Entwicklung 31

4.2 Überblick über die vorgestellten Prospektionsmethoden 105
4.3 Gewichtung im Relevanzbaum-Verfahren 110

7.1 Quantensprung von der Daten- zur Wissensübertragung? 210

A.1 Geographische Abgrenzung des Untersuchungsgebiets 239
A.2 Bevölkerung, Volkseinkommen und Staatsetat in Deutschland 241
A.3 Liste aller deutschen Hochschulen 251
A.4 Zeitliche Entwicklung der Professoren- und Hochschulanzahl 254
A.5 Zeitliche Entwicklung der deutschen FuE-Ausgaben 259

B.1 Katalog der untersuchten Technologietypen 263

Register

A

abnehmender Grenznutzen ... **63**, 67, 70, 142, 148
Abstract Journal ... 99, 184
Acta Eruditorium ... 184
Adäquatheit ... 128, **192**
Adorno, Theodor W. ... 43
Adronikos von Rhodos ... 164
Akademie-Institute der DDR ... 23
Akademien ... 21, 25
Akademie für Technikfolgenabschätzung 173
Albert, Hans ... 11
angewandte Forschung .. 25, **30**, 143, 232
Apply or Die ... 69, 198
Aquin, Thomas von ... 11
Aristoteles ... 164
Arrhenius, Svante ... 85
Arts and Humanities Citation Index 200
Auftragsforschung . 129, **134ff.**, 147, 170
Autopoiesis ... 28, 162

B

Bachelor-Abschluss ... 154
Backcasting ... 68, 105, **117f.**, 121, 265
Bacon, Francis ... 25, 88, 181
Bausch, Johann Lorenz ... 21
Beck, Ulrich ... 6, 123, 227
Benchmarking ... 105, **108f.**, 121, 265
Bernal, John D. ... 3, 166, 190
Betrug ... *siehe* Fehlverhalten
Bibliothek ... 99, 181, **186ff.**, 274
– Aufgaben ... 186
– digitale ... 209, 211
– Krise der ... 206, 234, 271
Big Science ... *siehe* Großforschung
Bionik ... 105, **112f.**, 121
Blaue Liste .. *siehe* Leibniz-Gemeinschaft
BMBF ... 100, 106, 129, 130, 147, 174
– BioRegio-Wettbewerb ... 170
– Förderprogramme ... 221
– Foresight-Prozess FUTUR ... 171
– Projektförderung ... 137, **138f.**
– Projektträger ... 138
Böhme, Gernot ... 45, 185
Bohr, Nils ... 29
Bohrs Quadrant ... **29**, 43, 94, 102, 123, 141, 220, 231
Bois-Reymond, Emil du ... 77
Born, Max ... 77
Boulton, Matthew ... 84
Boyle, Robert ... 159
Brach, Marion ... 198
Brain-drain ... 177
Braun, Wernher von ... 32
Buch ... 183, 188, 205ff.
Bünting, Johann Philipp ... 83
Bundestag ... 219
– Büro für Technikfolgenabschätzung 172, 219
– Enquete-Kommission . 87, 172, 221, 232
Burt, Cyril ... 198
Bush, Vannevar ... 25

C

Carnot, Sadi ... 84
CD-ROM ... 152, 185, 188
CERN ... 70, 204
Checks and Balances ... 225, 235
Co-Nomination ... 106
Co-Wort-Analysen ... 52, 107
Co-Zitationsanalysen ... 52
Communism ... **16**, 177, 182
Copyright ... 272, 275
Crawford, S. ... 159
Credibility Cycle . **41**, 159, 177, 207, 233
Critical Technology Lists ... *siehe* Relevanzbaum-Verfahren

D

Daele, Wolfgang van den ... 45, 185
Daten ... 11, 205, 210
Datenkranz ... 90
Datenmanipulation ... 158, 197
Datenmigration ... 205, 276
Davidson, Donald ... 164
da Vinci, Leonardo ... 33, 47
da Vincis Quadrant ... **33**, 38, 47, 169
Delphi-Methode .. 4, 68, 105, **113f.**, 121, 266
Demand Pull **47**, 103, 118, 120, 145, 171, 219, 232, 264, 265f.

Denkkollektiv 163
Denkstil 39, 44, 153
Descartes, René 16, 88
Deutsches Klimarechenzentrum 86
Deutsche Forschungsgemeinschaft 23, 107, **130ff.**, 142, 166, 199, 220
– Normalverfahren 131
Disinterestednes 16
Disziplin . **40**, 90, 153, 158, 165, 207, 233
Ditfurth, Hoimar 174
Dörner, Dietrich 101
Dokumentenlieferdienst 189
dooyoo 196
Doppelforschung 209
Drais, Karl Friedrich von 211
Dürr, Hans-Peter 223
Dürrenmatt, Friedrich 43

E

E-Learning 155
Early Adopter **49**, 146
Early Majority 49
Edison, Thomas Alva 30
Edisons Quadrant ... **30**, 38, 45, 95, 102, 143, 169, 232
Effizienzsteigerung 4, 67, 233
– in der Forschung 128, 142–144, 148
– in der Lehre 68, 154
Ehrenfest, Paul 166
Eigenbrod, Hartmut 271
Einheit von Lehre und Forschung 22, 154
Einstein, Albert 15, 22, 198
Eisenhower, Dwight D. 172
Eleganz 128, **192**
Elsevier 211
Entwurf 33, 48
Etikettenschwindel 34, 141
EU-Forschungsrahmenprogramm ... 170, 231
Eucken, Walter 90
Euler, Leonhard 22
Europäische Akademie Bad Neuenahr 178
Evaluation 67
Expertenkommissionen ... **104**, 105, 121, 172, 265
extrinsische Zielorientierung 28
Exzellenzverdünnung 64

F

Fach **40**, 90, 153, 158, 207, 233
Fachgesellschaft 153, 155, 159
Fachinformationszentren 189, 208
Fälschung ..... *siehe* Fehlverhalten
Faktenwissen . **15**, 81, 101, 147, 220, 233
Fehlverhalten 191, 197
Fernleihe 189
Feyerabend, Paul 17, 142
Finalisierungsthese 45
Finetti, Marco 131, 198
Fleck, Ludwik 39, 44, 163
Ford, Henry 32, 47
Fords Quadrant **32**, 47, 170
Foresight 4, **103ff.**, 138, 218f., 229, 261ff.
Forschungsfreiheit 42
Forschungslandkarte 100, 107
Forschungspolitik ..... *siehe* Wissenschaftspolitik
Forschungsprospektion ... *siehe* Foresight
Forschungssteuerung ..... 4, **126ff.**
Forschungsziele 102
fortlaufende Aufstellung 188
Forum für Wissenschaft & Technik Göttingen 76
FORUMnovum 271
Foucault, Michel 98
Fourier, Jean Baptiste 84
Frascati-Manual 26, 53
Fraunhofer-Gesellschaft 22, 134
Freihand-Aufstellung 187
Fremdsteuerung ... **134ff.**, 143, 148, 230, 232
Friedrich II., König von Preußen 21
Frühwald, Wolfgang 131, 204
FuE-Ausgaben 24, 25, 54, 58, 59, 258

G

Galilei, Galileo 17, 88, 198
Garfield, Eugene 189, 199
Gegenwartskonzentration
– hohe **62**, 71, 96, 182
– sinkende 182, **207f.**, 234
Gesellschaft Dt. Naturforscher und Ärzte 156
Geyer, Carl Friedrich 164
Ginsparg, Paul 184
Globalisierung 177
Glotz, Peter 162
Goethe, Johann Wolfgang von 88, 90, 129
graue Literatur 38, 182, 189
GRID 185, 204
Großforschung 62, **70ff.**, 148
Grundlagenforschung 25, 82
– anwendungsorientierte **30**, 144, 232
– erklärungsorientierte **29**, 141, 231
– phänomenorientierte **31**, 147, 233
Guericke, Otto von 84
Gutenberg, Johannes 181

H

Haber, Fritz 22, 130
Habilitation 69
Hahn, Otto 22, 77
Handlungswissen .. **15**, 81, 143, 148, 232
Harnack, Adolf von 22
Harnack-Prinzip 22, 128
Harnad, Stevan 160, 210
Harrison, John 146
Hartmann, Ilse 133
Helmholtz-Gemeinschaft 4, 22
Hennicke, Peter 5, 87, 170, 227
hermeneutischer Zirkel 98, 164, 211
Herrmann, Friedhelm 198
Hilbert, David 77
Hindsight **57**, 103
Hochschulen 67, 68
– Anzahl der 55, 59, 254
– Differenzierung der 20, 154
– Geschichte der 20
– internationale Attraktivität 177
– Liste aller deutschen 244
– Typen von 21, 55, 252
– Unterfinanzierung der 154
– virtuelle 155
– Weiterbildung an 155
Hochschulrahmengesetz 42, 69
Hüttl, Reinhart 173
Humboldt, Wilhelm von 20
Humboldtsche Universitätsreform 20
Hybridsteuerung .. 129, **136ff.**, 144, 222, 231, 232

I

ignoramus et ignorabimus 77
IIASA Laxenburg 82, 117
Impakt 201
Indikatoren **52ff.**, 198, 200
– Aktivitäts- ..... 52, **55f.**
– Output- 52, 56
– Prozess-Struktur- 52
– Ressourcen- 52
– zur Leistungsbewertung 192
Industrieforschung **24**, 102, 129
– quasi-akademische 23, 82
Information 11, 210
inkommensurable Begriffe 46
Innovation 32, 48
– graduelle 49
– radikale 49
Innovations- und Technikanalyse 123
Innovationsprozess 26, 46
Institute for Scientific Information .. 189, 195, 199, 211
institutionelle Förderung 130
Interdisziplinarität 40, 90, 161, 234
Intergovernmental Panel on Climate Change 87, 173
internationaler Austausch 176
Internet ..... 48, 100, 271ff.
intrinsische Zielorientierung 28
Invention 32, 48
Invisible Colleges **159**, 207
Irvine, John 23, 103, 104, 122, 265
ISI Karlsruhe 107, 201

J

Janich, Peter 164
Jantsch, Erich 32, 40, 103
Jevons, W. S. 84
Journal ..... *siehe* Zeitschrift
Journal des Sçavans 183
Journal Impact Factor 57, 195, **200**
Jouvenel, Bertrand de 117
Joy, Bill 43, 129
Jungius, Joachim 21
Jungk, Robert 120

K

Kahn, Hermann 117
Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft 22
Kambartel, Friedrich 164
Kassandra-Syndrom 173
Kaufmann, Franz-Xaver 161, 163
Kennedy, John F. 32
Kennedys Quadrant **32**, 38, 47, 170, 220
Klein, Felix 77
Klimaproblem **83ff.**, 227
Klodt, Henning 145
KMU 136, 143
Know-how **18**, 31, 38, 155
Koevolutionswissenschaft **5**, 89, 227
Kommunikation
– innerwissenschaftliche ..... 40, 153ff.
– segregierte 41, 207, 233
– von Wissen 11, 13, 210
Kompetenznetze 100, 170, 231
Kondratieff-Zyklen 48
Konferenz ..... *siehe* Tagung
Konominationsverfahren ..... *siehe* Co-Nomination
konsekutives Studieren 155
Krebs, Hans 196
Krohn, Wolfgang 45
Kube, Jens 271
Kues, Nikolaus von 81
Kuhn, Thomas S. 39, 43, 163, 185
KWI für Chemie Berlin 22

KWI für Physik Berlin 22

L

Laggards 49
Lagrange, Joseph L. 22
Lakatos, Imre 17, 39
Lambert, Johann H. 22
Landeshochschulgesetze 42
Langzeitspeicherung 205, 275
Large Hadron Collider 204
Las Alamos National Laboratory ... 184, 276
Late Majority 49
Latour, Bruno 4, 41, 177, 233
Laue, Max von 77
Least Publishable Unit 68, 198, 199, 203, 233
lebenslanges Lernen 155
Lehre 153
Lehrfreiheit 42, 154
Leibniz, Gottfried W. 21, 183
Leibniz-Gemeinschaft 4, 23
Leihbestand 188
Lem, Stanislaw 33
Leonardo-Welt 6, 227
Leopoldina 21
Linné, Carl von 31
Linnés Quadrant ... **30**, 43, 94, 123, 147, 220, 233
Literaturflut 206
Logischer Positivismus 165
Lorenzen, Paul 164
Lotka, Alfred J. 3, 64
Lovins, Amory 118
Luhmann, Niklas 19, 28, 133

M

Magazin-Aufstellung 187
Manpower ... 37, 41, 53, 58, 78, 152, 153
– Mobilität der 169, 177
Markl, Hubert 18, 51, 64, 71, 77, 101, 227
Martin, Ben 23, 102, 104, 122, 265
Massarrat, Mohssen 172, 232
Massenentsäuerungsverfahren 205
Massenuniversität 153
Master-Abschluss 154
Matthäus-Effekt 41, 69, 201
Maturana, Humberto 162
Max-Planck-Gesellschaft **22**, 29, 67, 128, 129
Mayer, Tobias 146
Mehrautorenschaft 70, 186
Mencke, Otto 183
Mendel, Gregor 198
Merton, Robert K. ...3, 16, 41, 176, 177, 182
Metaphysik 89, 164
Methodenstreit 43
Meyer-Abich, Klaus Michael 81
Mikrofiche 185, 188, 205
Minkowski, Hermann 77
Minx, Eckard 117
Mittelstraß, Jürgen 4, 6, 30, 40, 162, 227
Mode_2 ..... 4, 7, 167, 169
Monier, Joseph 112
Mooresches Gesetz 107
Morphologischer Kasten 109
MPI für Meteorologie Hamburg 86
Müller, Michael 87
Münchhausen-Trilemma 11
Multidisziplinarität 40

N

Nachtigall, Werner 112
National Science Foundation 57, 111
Nature 196
Naturschranken 5, 170, 227
Neidhardt, Friedhelm 133
Nernst, Walther 77
Newcomen, Thomas 84
Newton, Isaac 78, 88, 198
New Journal of Physics 209, 276
Nobelpreis 65, 82, 177
Normal Science 45
Not-Invented-Here-Syndrom 163
Nowotny, Helga 6

O

Oak Ridge National Laboratory 79
Oken, Lorenz 156
Ontologie 39, 153, **164**
OPAC 187
Open Science 160
Organized Scepticism **16**, 176, 191
Orientierungswissen 15
Ortsleihe 189
Ossowska, Marja 3
Ossowski, Stanislaw 3

P

Papierkonservierung 205
Parabel von La Trinidad 5
Paradigmen 17, **39**, 153, 163, 168
– Erwerb 44, 126
– technologische 48
– Wechsel 46
paranormale Phase 46
Pasteur, Louis 30

Pasteurs Quadrant .. **29**, 38, 44, 94, 102, 123, 144, 169, 218, 232
Patentanalysen 107
PATTERN 111
Peer Review 67, 158, 177, 191, **193f.**, 198, 199, 207, 220, 231
– bei Forschungsmittelvergabe .128, 142f.
– bei Journalen 274
Pfetsch, Frank R. 54, 259
Philipp III., König von Spanien 146
Philosophical Transactions 55, 183
Physical Review Letters 183
Physikalische Blätter 202
Picht, Georg 88, 176
Plagiat 197
Planck, Max 41, 77
Platon 10, 88, 182
Polanyi, Michael 13, 78
Politikberatung ..146, 171, 217, 232, 235
Popper, Karl R. 17, 34, 43, 191
Populärwissenschaft 174
Positivismusstreit . *siehe* Methodenstreit
Postersitzung 156
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung 86
Präsensbestand 188
Preprint-Server 184, 196, 276
Preprints 160, 184
Price, Derek J. de Solla . 3, **51ff.**, 62, 71, 159, 176, 182, 184, 207, 228
Printing on Demand 273
Probst, Gilbert 7, 75, 228
Prospektion ..... *siehe* Vorausschau
Ptolemäus 198
Public Understanding of Science 174
Publikation
– Buch- 183
– elektronische ...158, **209ff.**, 234, 271ff.
– Zeitschriften- 157
Publish or Perish ...56, 66, 68, 158, 177, 199, 203
Putkammer, Jesco von 70

Q

Qualitätssicherung 96, 127, 160, 189, 190ff., 208, 211, 231, 274
Quine, Willard van Orman 165

R

RAND Corporation 114, 117
Ravetz, Jerome 197, 202
Referate-Organ .. *siehe* Abstract Journal
Referee Report ..... 157, 195, 196, 272ff.
reflexive Moderne 6, 123
Relevanz 77, 128, 192, 210
– axiomatische **78**, 81f., 92, 129, 130, 192, 229
– indirekte **82**, 129, 229
– soziale **79ff.**, 93, 123, 129, 136, 141, 190, 192, 220, 229
– technologische ...**79**, 81f., 92, 129, 134, 192, 229
Relevanzbaum-Verfahren 105, **109f.**, 121, 263
Relevanzverdünnung 65
Reputation 41, 69, 133
Rescher, Nicholas 51, 62, 65
Resonanz 201, 211
Ressortforschung ...**23**, 31, 129, 147, 172
Ressourcenallokation 127
Ressourcensplitting 34, 141
Retro-Digitalisierung 209, 211
Review Article 185, 201, 207, 272
Risikogesellschaft 227
Risikowahrnehmung 175
Roosevelt, Franklin D. 25
Rousseau, Jaques 64
Royal Society 21, 25, 85, 159

S

Schellnhuber, Hans-Joachim 5, 227
Schelsky, Helmut 161, 172
Schlüsseltechnologien 47, 110
Schmidt-Ott, Friedrich 130
Schmoller, Gustav 43
Schön, Jan Hendrik 198
Scholarly Skywriting 210
Schultze, Hergen 271
Schweizerisches Forum für Organisationales Lernen und Wissensmanagement 75
Science Citation Index .. 57, 58, 67, 189, **199**
Science Direct 211
Science of Science ..... *siehe* Wissenschaftsforschung
Science Push **48**, 103, 120, 145, 168, 219
Scientific Misconduct *siehe* Fehlverhalten
Scientific Community ..... *siehe* wissenschaftliche Gemeinschaft
Scientometrics ..... *siehe* Wissenschaftsforschung
Selbststeuerung ... 107, **130ff.**, 141, 148, 220, 230, 231
Sichtbarkeit 160
Silicon Valley 170
Snow, C. P. 25
Social Science Citation Index ...189, 200

Social Shaping of Technology 47, 220
Sokrates 10
Spezialisierungszwang 41
Spiegel-Rösing, Ina S. 78
Staudt, Erich 169
Steady State 62, **62**, 66ff., 70, 94, 96, 124, 133, 144, 148, 182, 198, 207, 209, 217, 228
Stichweh, Rudolf 21
Stifterverband 130, 174, 259
Stokes, Donald E. 25, 28, 29, 231
Strukturwissen **15**, 29, 81, 101, 102, 141, 148, 155, 220, 231
Studiengebühren 154
Studierendenquote 153
SUBITO 189
Superconducting Supercollider 70
Sustainability Science ..... *siehe* Koevolutionswissenschaft
systematische Aufstellung 188
Szenario-Technik 105, **115f.**, 121

T

Tacit Knowledge 10, **13**, 98, 100, 151, 153
Tagung 155
Technik 18, 83
Technikdiffusion 49, 169
Technikfolgenabschätzung ..... *siehe* Innovations- und Technikanalyse
Technikgenese 31ff., 46, 103, 144, 168
– Modelle der ..... **24ff.**
technische Entwicklung ..... *siehe* Technikgenese
Technokratie-Debatte 172
Technologie 18
Technologiesystem 19
Technologietransferstellen 169
Technology Procurement .. 146, 171, 224, 232
Technology Push . **47**, 103, 118, 145, 219, 232, 263, 265f.
Theaitetos 10
Torricelli, Evangelista 84
Toulmin, Stephen 53
Traces **57**, 103
Transdisziplinarität 40, 90
Trendbeobachtung . 105, **106f.**, 121, 263, 265
Triple-Helix-Modell 168
Tyndall, John 85

U

Umsetzungsforschung 176, 225
Universalism 16
Universität ..... *siehe* Hochschulen
Up or Out 198
US-Department of Defense 57
US-Department of Energy 137, 141

V

Valera, Francisco 162
VDI-Technologiezentrum Düsseldorf . 107
Verbundprojekte 139, 170, 231
Verfügungswissen .. **15**, 29, 81, 101, 144, 232
Verlag 183, 274, 276
Verne, Jules 33
Verschulung des Studiums 154
Vico, Giambattista 81
Visibility ..... *siehe* Sichtbarkeit
vorparadigmatische Phase 43

W

Wahrheit 10, 16, 207
– Kohärenztheorien der 11
– Korrespondenztheorien der 11
Watt, James 84
Weinberg, Alvin 79
Weingart, Peter . 4, 40, 83, 133, 172, 194, 227, 232
Weule, Hartmut 26
Whitehead, Alfred North 182
Willke, Helmut 11, 75
Winkler, Clemens 84
Wissen **9ff.**, 38, 125
– aktuales 14, 98
– artefaktisches 13
– artikulierbares 13, 98, 100, 153
– individuelles 14, 153
– kodifiziertes ... 13, 97, 99, 151, 176, 181
– kollektives 14, 151
– Kollektivierung von 151
– natürliches 13
– öffentliches 14, 152, 177, 182
– potentielles 14, 101, 102
– privates 151
– totes ..... 14, 97f.
– unbewusstes .... *siehe* Tacit Knowledge
– wissenschaftliches 15, 92, 96
Wissensbedarf 121
Wissensbewahrung 181
Wissensbewertung 190
wissenschaftliche Gemeinschaft .. 39, 131
wissenschaftliche Revolution 46
Wissenschaftsforschung ..... **3f.**
– quantitative 52, 199
Wissenschaftspolitik 4, 26, 169

Wissenschaftsrat . **23**, 106, 132, 142, 154, 155, 173, 187
Wissenschaftssystem **18**, 67, 77, 91
– deutsches **19ff.**, 52, 217, 228
– nationales 7, 152, 190
Wissenschaftswachstum **51ff.**, 228
Wissenschaftszentrum NRW 23
Wissenserwerb 151, 176
Wissensfortschritt 17, 56, 142, 190
Wissensidentifikation 96
Wissenslandkarten 97, 100, 208
Wissensmanagement 7, **75f.**, 91, 121, 228
– betriebliches 96, 125, 151, 190, 208
– elektronisches 190, 210
– im Wissenschaftssystem ....70ff., 217ff.
– Software 75, 271
Wissensnutzung 151
Wissensproduktion ..... 28, **125ff.**
Wissenstransfer ..... **151ff.**
Wissensverteilung 151
Wissensziele 91, 127
– normative ..... **92ff.**
– operative 95, 221
– strategische **93f.**, 141, 221
Wolff, Christian 164
Woolgar, Steve 4, 41, 233
Wuppertal Institut 4, 86, 261

Y

Yellow Pages ... *siehe* Wissenslandkarten

Z

Zeichen 11
Zeitschrift .. 55, 153, 157, **183**, 188, 189, 205ff.
– elektronische .....158, 196, 209, 271ff.
– Konsortialverträge 206
ZiF Bielefeld 161, 163, 166, 178
Ziman, John 62, 68, 228
Zitierkartell 201
Zukunftstechnologien 261
Zukunftswerkstatt 105, **119f.**, 121
Zuse, Konrad 32
Zuses Quadrant **31**, 38, 47, 148, 169

Wissensmanagement in der Wissenschaft umfasst alle Wissensprozesse von der Wissensproduktion durch Forschung über den Wissenstransfer bis hin zur Wissensspeicherung in Bibliotheken. Wissenschaft gilt heute als unverzichtbar zur Bewältigung von Herausforderungen wie etwa dem Klimaproblem – doch ist das deutsche Wissenschaftssystem dafür optimal gerüstet? Mit dem Analyseraster der Wissensmanagement-Debatte werden die Wissensprozesse in der Wissenschaft beschrieben und auf ihre Stärken und Schwächen hin durchleuchtet. Daraus ergeben sich Visionen für die wissenschaftliche Politikberatung und das wissenschaftliche Publizieren, aber auch neue theoretische Einsichten etwa zur Abgrenzung wissenschaftlichen Wissens gegen andere Arten der Wissenserzeugung, zum Verhältnis zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung sowie zwischen Wissenschaft und Technik.

Das Buch richtet sich damit sowohl an diejenigen, die über Wissenschaft forschen, als auch an diejenigen, die im Wissenschafts- und Forschungsmanagement tätig sind.

Matthias Kölbel studierte Physik, Philosophie und Wirtschaftswissenschaften in Leipzig und Göttingen. Nach seinem Abschluss als Diplomphysiker ging er für zwei Jahre ans Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Seit 2002 arbeitet er im Bundesministerium für Bildung und Forschung.

ISBN 978-3-934682-60-3