

Bibliometrische Daten für die Debatte um den Wandel der Universität

Expertise für die Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften
im Rahmen der Förderinitiative "Politik, Wissenschaft und Gesellschaft"
des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

eingereicht am 31. Mai 2002 von

Frank Havemann

Institut für Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin
f.havemann@wissenschaftsforschung.de

Danksagung

Für die kritische Durchsicht von Teilen des Textes in verschiedenen Entwurfsphasen und anregende Diskussionen dazu danke ich meinen Kollegen Heinrich Parthey und Roland Wagner-Döbler. Für vielfältige Hilfe bei der thematischen Konzipierung danke ich Prof. Walther Umstätter. Last not least, danke ich Hildrun Kretschmer für die Anregung, mich mit der Untersuchung des Phänomens der Forschungs Kooperation zu beschäftigen.

Inhalt

1. Einführung	
a. Zur Universität	3
b. Zum Umbruch in der Wissenschaft	4
c. Zur bibliometrischen Herangehensweise	6
d. Zur Auswahl bibliometrischer Indikatoren zum Umbruch in der Wissenschaft	7
2. Indikatoren für den Output an Forschungsergebnissen und für ihre Nutzung	
a. Probleme bibliometrischer Output-Indikatoren	8
b. Verteilungen der Zeitschriftenpublikationen auf Sektoren nationaler Wissenschaftssysteme.....	9
c. Beachtung universitärer und außeruniversitärer Forschung	11
d. Patente und Anwendungsnahe universitärer Forschung	11
e. Vergleich der Produktivität von universitären und außeruniversitären Forschern.....	12
f. Forschung um Dissertationen.....	13
g. Wachstumsgeschichte von Universitäten und die Finanzierung ihrer Forschung	14
3. Forschungs Kooperation und Universität	
a. Definition und Nachweis von Kooperation	15
b. Kooperation als Tendenz der Forschung	16
c. Vorschläge für neue Analysen	17
4. Indikatoren für Interdisziplinarität	
a. Definition von interdisziplinärer Forschung	18
b. Bibliometrischer Nachweis von Interdisziplinarität	19
c. Vorliegende Ergebnisse	20
5. Fazit	
a. Zu den Ergebnissen	23
b. Möglichkeiten weiterer Forschung	24
Anmerkungen	26
Referenzen.....	28
Verwendete Abkürzungen	33

As the economy becomes more knowledge based,
workers, firms, and governments are adapting.
It is hardly surprising then that
the knowledge producing scientific system
is changing as well.
D. Hicks & J.S. Katz (1996: 402)

1. Einführung

1a. Zur Universität

Wieder einmal muss sich die Universität wandeln. Diese jahrhundertealte Institution für die höhere Bildung wurde im 19. Jahrhundert die wichtigste Stätte für Grundlagenforschung. Wissenschaft hat sich seit Beginn der Neuzeit ständig gewandelt, jetzt aber befindet sie sich im Umbruch, der auch und gerade die Universitäten herausfordert. Diese Herausforderung betrifft beide universitäre Aufgaben, Lehre und Forschung, und auch die Erweiterung des Aufgabenspektrums.

Als in Europa die ersten Universitäten gegründet wurden, konnte von Forschung im heutigen Sinne keine Rede sein; es ging um die Ausbildung von Klerikern, später auch von Beamten des Staates und von Medizinern. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts postulierte Wilhelm von Humboldt, die Universität solle sich von der Schule dadurch unterscheiden, dass an ihr die Wissenschaft nicht bloß als etwas Fertiges gelehrt, sondern vielmehr auch in ihrer Entwicklung befördert werde. Durch dieses Postulat der Einheit von Lehre und Forschung und seine Verwirklichung in Preußen stieß er einen über Deutschland hinausgehenden Strukturwandel der Bildungssysteme an, welcher ermöglichte, dass die sich nun enorm ausweitende Forschung vor allem an Hochschulen stattfand (Stichweh 1994).

Zum Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden in Europa, den USA und Japan eine Reihe von außeruniversitären Forschungseinrichtungen gegründet. Zu nennen ist hier auch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin, die zugleich technische Prüfungen und physikalische Grundlagenforschung betrieb und weltweit als Vorbild wirkte. Im Jahr 1911, gut 100 Jahre nach der Gründung der Berliner Universität, wurde dann die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG) ins Leben gerufen. Bernhard vom Brocke (1990: 136) schrieb dazu:

Zugunsten der Entwicklung solcher reinen Forschungsinstitute ohne Lehraufgaben wurde damals vorgebracht,

- daß der gerade in jenen Jahren durch steigende Studentenzahlen vermehrte Lehrbetrieb die Forschung behindere,
- daß die Einteilung der Universitäten nach den klassischen Disziplinen der Lehrfächer Forschungen auf neuen Gebieten oder in der Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen hemme,
- daß drittens die ständig kostspieliger werdende apparative Ausstattung in den naturwissenschaftlichen Fächern die Möglichkeiten der Universitätsinstitute übersteige, und schließlich,
- daß die deutsche Forschung gegenüber dem Ausland zurückzufallen drohe.

Die 1960er Jahre öffneten die Universitäten der BRD für immer mehr Studierende; ihr Anteil am jeweiligen Jahrgang nahm beträchtlich zu. Seitdem und verschärft mit der Verknappung öffentlicher Mittel werden die schon vor hundert Jahren diskutierten Probleme der Forschung an Universitäten als sehr aktuell empfunden: der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, Heinz A. Staab (1986: 16) verwendete vom Brockes Worte in einem Festvortrag und betonte ihre Aktualität. Es gibt verschiedene Reformansätze, einige Stimmen der Diskussion dazu findet man in dem von Ash (1999) herausgegebenen Sammelband "Mythos Humboldt". Die Debatte um

den Wandel der Universität wird erst dann fruchtbringend, wenn der Umbruch in der Wissenschaft insgesamt in die Erwägungen einbezogen wird. Inwiefern kann von einem solchem Umbruch geredet werden? Findet er überhaupt statt? Worin äußert er sich?

1b. Zum Umbruch in der Wissenschaft

1994 erschienen zwei Bücher, in denen ein Umbruch im sozialen System der Wissenschaft ausgemacht wird. Michael Gibbons, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott und Martin Trow sehen im bis heute breit rezipierten *The New Production of Knowledge* einen Modus 2 der Wissensproduktion neben dem herkömmlichen akademischen Modus 1 heraufkommen. In *Prometheus Bound – Science in a dynamic steady state* diagnostiziert auch John Ziman einen radikalen Strukturwandel der Wissenschaft. Es kann hier nicht darum gehen, die Wirkungsgeschichte dieser beiden Werke nachzuzeichnen oder sie zu kritisieren (dazu Weingart 1999). Vielmehr will ich in den folgenden Abschnitten – unter besonderer Beachtung der Probleme der Universität – referieren, inwieweit sich ihre Thesen zum Umbruch in der Wissenschaft bibliometrisch nachprüfen lassen, inwieweit die beschriebenen Phänomene des Umbruchs bibliometrisch belegt worden sind oder noch belegt werden können. Diesen Ansatz verfolgten Diana Hicks und Sylvan Katz bereits kurz nach Erscheinen der beiden Bücher, wobei sie sich jedoch hauptsächlich auf Ergebnisse eigener Untersuchungen stützten und nicht speziell die Universität berücksichtigten (Hicks & Katz 1996). Inzwischen sind eine Reihe von weiteren bibliometrischen Daten zum Thema gewonnen worden, die es lohnt zusammenhängend darzustellen.

Die Beschreibung von Modus 2 wurde von Gibbons *et al.* (1994: 3-8) in fünf Punkten zusammengefasst:

1. ein größerer Teil des Wissens wird im 'Kontext von Anwendung' erzeugt;
2. Transdisziplinarität;
3. Forschung wird von intellektuell und organisatorisch heterogenen, temporären Gruppen durchgeführt;
4. Verantwortlichkeit gegenüber der Gesellschaft, Reflexion der Auswirkungen von Forschungsprojekten;
5. Qualitätskontrolle beschränkt sich nicht auf Begutachtung durch Fachkollegen.

Als Ursachen für das Aufkommen von Modus 2 sehen die Autoren¹ (S. 10) erstens die stark gewachsene Zahl von Hochschulabsolventen, die nicht mehr im gewohnten Maße durch die Hochschulen selber beschäftigt werden können und in außeruniversitäre Bereiche diffundieren, und zweitens die gewachsenen Kommunikations- und Verkehrsmöglichkeiten, die die wissenschaftlich Ausgebildeten an ihren verstreuten Standorten zu gemeinsamer Wissensproduktion befähigen, wodurch ein *social distributed knowledge production system* entstanden sei.

Ziman (1994: 9-14) schließt an Price (1963: 42) an, der für das von ihm nachgewiesene exponentielle Wachstum der Wissenschaft über drei Jahrhunderte mit Verdopplungszeiten von 15 Jahren ein baldiges Ende vorausgesagt hatte, allein schon deswegen, weil wir sonst bald "zwei Wissenschaftler pro Mann, Frau, Kind und Hund der Bevölkerung" hätten (S. 30). Hinzu kommt, dass besonders in den Natur- und Technikwissenschaften die apparative Ausrüstung immer teurer wird, wodurch das Finanzierungsproblem nicht nur verschärft sondern auch dem Publikum – das dafür Steuern zahlen soll – augenfällig wird (Ziman 1994: 53). Für die These, dass die Wissenschaft nach ihrer expansiven Entwicklung in einen stationären Zustand (*steady*

state) übergegangen ist, fehlte Ziman (S. 79-82) noch quantitative Evidenz. Er beschreibt daher qualitativ, wie sich die Art und Weise in der Wissenschaft betrieben wird, verändert hat und wie sich diese Veränderungen aus den Bedingungen des *steady state* ableiten lassen. Diese Beobachtungen sind auch dann noch von Wert, wenn sich die Abflachung bei Aufwandsdaten – wie sie kürzlich von Matthias Köbel (2002) auch für Deutschland eindrucksvoll gezeigt wurde – nur als Folge einer zeitweiligen Krise oder einer fehlerhaften Politik einzelner Regierungen oder Volkswirtschaften herausstellen sollte.² Solche Krisen sind zumindest Vorboten des Endes exponentiellen Wachstums.

Ein wesentliches Merkmal von nichtexpansiver Wissenschaft ist das, was Ziman Selektivität nennt (S. 156-63, 258-60). Die knappen Mittel müssen für diejenigen Projekte bereitstehen, die die lohnendsten Ergebnisse versprechen. Selektiert werden muss um so mehr, je größer im Forschungsgebiet die kritische Masse für erfolgreichende Projekte geworden ist. Die Mittel müssen auf *centres of excellence* in engen Spezialgebieten konzentriert werden, in denen man mit der internationalen Konkurrenz mithalten kann. Das führt einerseits zur Arbeit in größer werdenden Forschergruppen, andererseits schwächt es die Verbindung von Forschung und Lehre, weil viele Studierende so keine modern forschenden Lehrer mehr haben werden (S. 163).

Selektion ist ein Vorgang, der nicht automatisch abläuft. Immer mehr Zeit hochkarätiger Forscher muss auf die Evaluation von Projekten und Institutionen aufgewendet werden, was den Ruf nach quantitativen, vor allem bibliometrischen Methoden der Evaluation verstärkt (Ziman 1994: 102 ff.). Die Anwendung bibliometrischer Methoden in der Evaluation der Forschungsleistungen von Instituten oder sogar einzelnen Wissenschaftlern ist jedoch nicht seriös ohne Kommentierung der Zahlen durch Experten des Forschungszweiges. Als nächstes Problem beim Selektieren erscheint das der Definition von Erfolg. Forschung kann ihre Problemstellungen nicht mehr nur im reinen Erkenntnisstreben und nach disziplinären Erwägungen auswählen, die Gesellschaft in Form der Geldgeber will Ergebnisse von technologischer oder sozialer Relevanz. Die Beachtung sozialer Relevanz schon bei der Auswahl von Forschungsproblemen ist auch wesentlicher Bestandteil von Modus 2 (s.o.). Sie wurde bereits in den 70er Jahren theoretisch und empirisch untersucht in den Arbeiten zum Konzept der Finalisierung, auf das sich Ziman explizit bezieht (1994: 23-30; vgl. Weingart 1999). Ziman vergleicht die Situation mit der beim Eisenbahnbau Ende des 19. Jahrhunderts, wo es technisch möglich geworden war, nahezu jeden gewünschten Ort an das Netz anzuschließen (1994: 29): "The real question was whether the very large and indivisible investment required to undertake and complete any particular project would eventually yield a profit."

Einen Abschnitt seines Buches widmet Ziman (1994: 167-170) der Demographie des Wissenschaftlerberufs. Mit dem Übergang zum *steady state* vergrößert sich das Durchschnittsalter der Forschenden, ein Umstand der sich negativ auf die Wissensproduktion auswirkt, weiß man doch um die besondere Kreativität der Jugend.³ Der Ausweg aus dieser misslichen Situation kann nur darin bestehen, eine größere Zahl junger Menschen auf befristeten Stellen forschen zu lassen, und aus ihnen die besten für Dauerstellen auszuwählen.⁴ Ein solches Vorgehen war auch bisher üblich, wenn "aber jeder Professor im Laufe seiner 20 oder 30 Amtsjahre im Schnitt nur noch genau einen Nachfolger heranziehen" kann, wird die "Fronarbeit" der Diplomanden, Doktoranden und Habilitanden kein attraktiver Karrierepfad mehr sein (Köbel 2002: 123).

Ziman (1994: 125) hat den Vorgang der Projektfinanzierung als Kauf der erwarteten Forschungsergebnisse auf einem Markt gesehen. Als Käufer treten die staatlichen Förderorganisationen auf, aber zunehmend auch nichtstaatliche Akteure, darunter Firmen. Bei Ziman (wie auch bei Etkowitz, 2002) sind die Anbieter von Forschungsleistungen die Forschungseinheiten, die Forschergruppen, die sich wie kleine Firmen verhalten und in Universitäten zu einer Art von Holding zusammengeschlossen sind.⁵

Anwendungsnahe Forschung und enge Beziehungen zwischen Universitäten und Industrie sind Charakteristika von Forschung im Modus 2 und im *steady state*. Geuna (1999: 172-73) hat auf die damit verbundenen Gefahren hingewiesen:

With continuously shrinking government funding for fundamental research and increasing public and private spending on targeted research, the stock of general knowledge available as a foundation or enabler of more specialised research will become smaller relative to the demands for its use. To the extent that applied and development research draws on the stock of generic knowledge, and if the stock of knowledge follows the law of diminishing returns, the marginal productivity of applied and development research will tend to decline. (S. 172)

In fact, the evidence presented in this book suggests that further government push towards a closer interaction between university and industry may have counterproductive effects. This is particularly true for those universities in a weak financial situation. Constrained to accept industrial funds for developing routine contract research, and faced with the impossibility of charging the real cost of the research, their collaboration with industry results not in a contribution of university to the wealth of society, but in an exploitation for private profit of a public investment. (S. 173)

Abschließend sei noch einmal Price (1963: 42) mit einer ermutigenden Passage zitiert:

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 bekannten Symptome der Sättigung. Hier muß ich hinzufügen, daß dies mehr Hoffnung als Verzweiflung erwecken sollte. Sättigung bedeutet selten Tod, sondern vielmehr, daß wir am Anfang neuer und erregender Arbeitsweisen der Wissenschaft stehen, bei denen man nach ganz neuen Grundsätzen vorgeht.

1c. Zur bibliometrischen Herangehensweise

Bibliometrie als Statistik von Bibliographien hat in den letzten vierzig Jahren verschiedene Wissenschaftsindikatoren entwickelt und deren Aussagekraft und Verlässlichkeit getestet. Bei wissenschaftsmetrischen (*scientometrischen*) Untersuchungen stützen sich Bibliometriker vor allem auf die internationalen bibliographischen Datenbanken, deren Schätze an Informationen über die formale Kommunikation in den Wissenschaften nicht ungehoben bleiben dürfen, wenn es darum geht, theoretisches und wissenschaftspolitisch relevantes Wissen über Wissenschaft zu erzeugen. Die Verwendung von bibliometrischen Indikatoren in der Evaluation von Personen ist ein hiervon zu unterscheidendes, nicht unproblematisches Anwendungsfeld von Bibliometrie (s. 1b). Als *cybermetrics* (oder *webometrics*) wird das sich entwickelnde Gebiet bezeichnet, das auch die Kommunikation über das globale Netz mit bibliometrischen oder allgemeiner informetrischen Methoden zu erfassen sucht. In dem Maße, wie Publikationen digital zugänglich sind, ist es lohnend, bei bibliometrischen Analysen über die Auswertung simpler bibliographischer Angaben hinauszugehen und Autorenadressen, Referenzen, Schlüsselwörter, Abstracts oder auch den vollständigen Text einzubeziehen.

Die für wissenschaftsmetrische Untersuchungen wichtigsten Datenbanken sind die Zitationsindizes des Institute for Scientific Information (ISI) in Philadelphia (USA). Sie sind fachübergreifend, erfassen neben den bibliographischen Angaben nicht nur den Abstract einer Veröffentlichung, alle Koautoren und ihre institutionellen Adressen, sondern – das hat ihnen den Namen gegeben – alle zitierten Referenzen. Neben dem Science Citation Index (SCI), in dem die international führenden naturwissenschaftlichen und technischen Zeitschriften über fünf Jahrzehnte erfasst vorliegen, stellt das ISI den Social Sciences Citation Index (SSCI) und den Arts & Humanities Index (A&HI) her. Besonders diese beiden letzten Datenbanken beziehen sich vorrangig auf die englischsprachige und die US-amerikanische Literatur.

In den einzelnen Disziplinen und Fachgemeinschaften haben sich unterschiedliche Gewohnheiten beim Publizieren und Zitieren herausgebildet. Mathematiker, z.B., zitieren in ihren Aufsätzen weniger Literaturstellen und publizieren weniger gemeinsam als Biomediziner. Das ist zu beachten, wenn Publikations- oder Zitationsdaten aus verschiedenen Fachgebieten verglichen werden. Unterschiedliche Indikatorenwerte von universitärem und außeruniversitärem Sektor können auch durch verschieden starke Präsenz der Forschungsgebiete in den Sektoren bedingt sein. Es muss also fachspezifisch verglichen werden.

Einige Länder und auch die Europäische Union lassen regelmäßig bibliometrische Indikatoren zu ihren Wissenschaftssystemen ermitteln. Am umfänglichsten sind in dieser Beziehung die *Science & Engineering Indicators*, die vom National Science Board (NSB) der USA alle zwei Jahre aktualisiert und publiziert werden. Diese voluminösen Bände umfassen Daten zu In- und Output der US- und auch der Weltwissenschaft und sind kostenlos über das Netz abrufbar (NSB 1998, 2000, 2002).

Die Research Services Group des ISI bietet ein Produkt an, den für jedes Land spezifizierten *National Citation Report*, der umfangreiches Datenmaterial über die Journalpublikationen, an denen Wissenschaftler des jeweiligen Landes beteiligt waren, enthält.⁶ Diese Datenbank sollte m.E. dem jeweils einschlägigen Ministerium jedes Landes zur Verfügung stehen. Was vom ISI aber nicht geleistet wird, ist die kenntnisreiche Auswertung der Daten im Kontext nationaler Wissenschaftspolitik. Voraussetzung dafür ist die Identifizierung aller Adressenvarianten und ihre Zuordnung zu den jeweils für wesentlich gehaltenen Sektoren des Wissenschaftssystems. Nur so lassen sich bibliometrisch verlässliche Output-Indikatoren für die Sektoren gewinnen.

1d. Zur Auswahl bibliometrischer Indikatoren zum Umbruch in der Wissenschaft

Was lässt sich an bibliometrischen Daten ermitteln, die für die Debatte um den Wandel der Universität von Bedeutung sind? Welche Ergebnisse liegen bereits vor, die Aufschluss über Tiefe und Ausmaß des Umbruchs in der Wissenschaft und seine Folgen für die Universität geben? Von Relevanz sind m.E. vor allem Indikatoren für Interdisziplinarität und für Forschungsk Kooperation (Abschnitte 4 und 3), sowie für Produktivität in der Forschung und die Nutzung ihrer Ergebnisse (Abschnitt 2). Wo immer möglich sollten einerseits Zeitreihen zum Nachweis von Veränderungen der Wissensproduktion dienen, andererseits universitäre und außeruniversitäre Forschung miteinander verglichen werden, und zwar auf Makro-, Meso- und Mikroebene.

An die Spitze ihrer Charakterisierung von Modus 2 stellen Gibbons *et al.* (1994: 3) den Unterschied der neuen Art des Problemlösens im 'Kontext von Anwendung' zur herkömmlichen Praxis des Problemlösens im Rahmen von Disziplinen. Folgerichtig spielt Transdisziplinarität im Modus 2 eine wichtige Rolle, welche mit Jantsch (1972: 106) als höher integrierte Variante von Interdisziplinarität verstanden wird (Gibbons *et al.* 1994: 28). Ziman (1994: 61, 22) sieht die Tendenz zu interdisziplinärer Forschung nicht nur durch den höheren Anteil mehr angewandter Forschung bedingt, sondern dadurch, dass unser Wissens nicht nur extensiv immer größeren Umfang und größere Reichweite gewinnt, sondern auch intensiv wächst, d.h. immer stärker untereinander verbunden ist.

Universitäten sind der Lehre wegen disziplinär organisiert, was interdisziplinäre Forschungsarbeit nicht unbedingt begünstigt. Mit der konservativen Seite der Aufteilung des ständig wachsenden Wissens in Disziplinen und Teildisziplinen stand Forschung als Produktion neuen Wissens aber auch an Universitäten tendenziell schon immer im Widerspruch. Disziplinäre Grenzen wurden (militärisch gesprochen) von Pionieren an den Forschungsfronten gesprengt, d.h. verschoben oder beseitigt. Neue Gebiete wie die physikalische Chemie, die Biophysik entstanden zwischen

den alten Großdisziplinen. Es ist also zu fragen und mittels bibliometrischer Indikatoren für Interdisziplinarität deutlich zu machen, inwieweit universitäre Forschung im Vergleich zur außeruniversitären rein disziplinär vorgeht und inwieweit sich hierin zeitlich Veränderungen feststellen lassen (s. Abschnitt 4 und Hicks & Katz 1996: 387-88).

Das Phänomen zunehmender Forschungskoooperation ist nicht allein auf die Notwendigkeit interdisziplinär zusammengesetzter Forschergruppen zurückzuführen (Hicks & Katz 1996: 389-96). Ziman weist bezüglich der Arbeit in Teams auf die Konzentration der Mittel in Forschungsrichtungen hoher Konkurrenz hin; für Modus 2 wird als charakteristisch angesehen, dass verstärkt zwischen Mitarbeitern von Institutionen aus verschiedenen Sektoren in temporären Kollektiven kooperiert wird (s. Abschnitt 1b). Globalisierung und Internet fördern Zusammenarbeit über Ländergrenzen hinweg. Der globale und säkulare Trend zu mehr Kooperation ist auf allen Ebenen des Forschungsbetriebes bis hin zur internationalen Zusammenarbeit bibliometrisch eindrucksvoll nachgewiesen worden (s. Abschnitt 3 u. Proceedings, hrsg. von Havemann *et al.* 2001).

Indikatoren für Produktivität in der Forschung und für die Nutzung von Forschungsergebnissen können auf vielfältige Weise zum Test der Thesen zum Umbruch der Wissenschaft herangezogen werden (Abschnitt 2). Hier geht es, z.B., um den behaupteten Auszug moderner Forschung aus den Universitäten (2b, c), um die Anwendungsnähe universitärer Forschung (2d), um das Problem der Lehrbelastung (2e), um das Ausmaß der Forschung für Dissertationen (2f) und um die 'unternehmerische Universität' (2f).

2. Indikatoren für den Output an Forschungsergebnissen und für ihre Nutzung

2a. Probleme bibliometrischer Output-Indikatoren

Der Ausstoß an Forschungsergebnissen wird bibliometrisch mit Publikationszahlen gemessen. Durch die Begutachtung der bei Zeitschriften eingereichten Beiträge (*peer review*) werden gewisse Mindestanforderungen an publizierte Resultate eingehalten. Das berechtigt, die Menge an erbrachten Forschungsergebnissen mit Zahlen von Zeitschriftenaufsätzen zu messen. Dabei sind die unterschiedlichen Publizier- und Zitiergewohnheiten in den einzelnen Fachgemeinschaften zu berücksichtigen (s. 1c).

Es wird darüber hinaus versucht, die von Fall zu Fall sehr unterschiedliche Bedeutung von Resultaten in die bibliometrische Analyse von Forschungsleistungen einzubeziehen, indem die Beachtung, die ihre Veröffentlichung in der Fachgemeinschaft erfährt, ebenfalls quantitativ erfasst wird. Man geht davon aus, dass Beachtung und Nutzung eines Resultates sich in der Regel im Zitieren der entsprechenden Publikationen äußern.

Schon die ersten scientometrischen Untersuchungen zeigten, dass die Wissenschaft zur Konzentration neigt: Wenige Autoren publizieren viel in einem Fachgebiet, viele wenig; wenige Journale enthalten viel, viele wenig Artikel zu einem Thema (Lotka 1926, Bradford 1934). Die schiefen Verteilungen in der Wissenschaft sind nicht nur ein bezüglich seiner theoretischen Aspekte bis heute diskutiertes und ein empirisch immer wieder nachgewiesenes Phänomen – sie erschweren auch die Konstruktion bibliometrischer Indikatoren. Bei normal oder zumindest annähernd symmetrisch verteilten Daten ist der arithmetische Mittelwert stabil und als Indikator, d.h. als statistische Maßzahl, der man eine Bedeutung zuerkennen kann, nicht nur zu

gebrauchen, sondern auch weithin gebräuchlich und akzeptiert. Nicht so bei den schiefen Verteilungen – dort ist er weder stabil noch besonders aussagekräftig.¹ Wenn auch schiefe Verteilungen durch andere Maßzahlen, wie den Median oder das geometrische Mittel schon angemessener erfasst und dadurch vergleichbar werden, so sagt oft die graphische Darstellung der ganzen Verteilung mehr aus als eine statistische Maßzahl.

2b. Verteilungen von Zeitschriftenpublikationen auf Sektoren nationaler Wissenschaftssysteme

Wenn darüber diskutiert wird, wie der Umbruch in der Wissenschaft auch die Universität zwingt sich zu wandeln, so ist es nützlich, einen Blick auf die Relationen zu werfen. Wie groß ist der Beitrag der Universitäten zu neuem Wissen, verglichen mit der Forschung in den anderen Sektoren? Eine weitere Frage ist, ob sich die Relationen im Zuge des Umbruchs verschieben, ob die Forschung aus den Universitäten auszieht oder zumindest woanders stärker zunimmt, weil wissenschaftliches Wissen stärker im Kontext von Anwendung und an einer Vielzahl von außeruniversitären Forschungseinrichtungen produziert wird (Gibbons *et al.* 1994: 3, 6).

Bei mehr als zwei Drittel aller im Science Citation Index (SCI) erfassten Publikationen in naturwissenschaftlichen Zeitschriften mit Autoren an deutschen Forschungseinrichtungen findet man Universitätsadressen. Diese Aussage gilt zumindest für die 80er und 90er Jahre des 20. Jahrhunderts, wobei keine ausgeprägte Tendenz nach oben oder unten erkennbar ist (Parthey 1998: 17). Wenn man jedoch die Analyse auf die DDR in den 80er Jahren beschränkt, erhält man anfangs Anteile unter 50%, am Ende von fast 60%. In der BRD waren die Universitäten in dieser Zeit an knapp 75% der Arbeiten beteiligt.² Hicks und Katz (1996: 385) stellten fest, dass bei fast 58% des vom SCI erfassten Forschungsausstoßes Großbritanniens von 1981 bis 1991 Autoren aus Universitäten (ohne Klinika und ohne technische Hochschulen) beteiligt waren bei einer jährlichen Zunahme von etwas mehr als einem zehntel Prozent. In Australien blieb der universitäre Anteil von 1981 bis 1993 immer knapp unter zwei Drittel, um dann bis 1999 auf drei Viertel aller im SCI erfassten Publikationen anzusteigen (Butler 2001: Tab. 18). Entsprechende Zahlen für Kanada zeigen ebenfalls ein Anwachsen des Anteils von Publikationen mit Autoren aus Universitäten. Er stieg von 75% im Jahr 1980 auf fast 82% 1995. Dabei ist zu beachten, dass immer mehr Publikationen in Kooperation verschiedener Institute entstehen. Im Falle von Kanada waren 1980 fast 15% der Universitätspublikationen mit Koautoren aus anderen Bereichen verfasst worden, 1995 waren es schon 21% (Godin & Gingras 2000: 275, 276). Dadurch addieren sich die Anteile der Sektoren bei dieser Zählweise (genannt *normal counting*), bei der jeder Sektor alle Publikationen, an denen er beteiligt ist, voll angerechnet bekommt, nicht zu 100%.

Für die Schweiz stieg der Anteil des Hochschulsektors an SCI-Autorschaften von 71,5% im Jahr 1993 auf 75,1% im Jahr 1997 (Da Pozzo & Ins 1999: 24). Die bei dieser Analyse verwendete Methode, nicht Publikationen, sondern Autorschaften zu zählen, macht die Daten zwar additiv (so dass sich Anteile auf 100% addieren), aber die in Kooperation verfassten Artikel erscheinen nun mehrfach in der Gesamtsumme und werden daher überbewertet.

Es bliebe daher zu untersuchen, wie die genannten Zeitreihen aussehen, wenn bei der Zählung jedem beteiligten Institut nicht die volle Publikation zugeordnet wird, sondern nur der entsprechende Bruchteil, je nach Anzahl der beteiligten Institute. Diese als *fraktional* bezeichnete Zählweise ergibt addierbare Zahlen und bewertet jede Publikation gleich. Für die USA liegen auf diese Weise ermittelte Daten in langen Zeitreihen und auch disziplinspezifisch in den *Science & Engineering Indicators* vor. Sie zeigen einen leichten Aufwärtstrend für die Universitäten seit

1981 bis zu einem Anteil von 71% im Jahr 1995 (NSB 1998, A-263). Neuere Daten bestätigen diesen Trend. In den Jahren 1995-97 waren 73% der fraktional gezählten SCI-Publikationen dem universitären Sektor anzurechnen (NSB 2000: A-394). Dabei gewinnen an den Universitäten in den Jahren 1988 bis 1997 die Biomedizin und die Naturwissenschaften (ausgenommen die Biologie) an Boden, während Sozialwissenschaften, Psychologie, Mathematik im Anteil zurückgehen. Die klinische Medizin behauptet ihren Spitzenplatz von knapp 30% bei leichtem Rückgang der absoluten Publikationszahlen (NSB 2000: A-393). In den kürzlich publizierten *Science & Engineering Indicators 2002* wird eine weitere leichte Steigerung des universitären Anteils auf 74% für 1999 ausgewiesen, jedoch bei sinkenden Gesamtzahlen der US-Forschung (NSB 2002: ch. 5 p. 43). Das Absinken der absoluten Zahlen von Publikationen aus den USA (und auch aus Kanada, Großbritannien und den Niederlanden) in den 90er Jahren in der SCI/SSCI-basierten Datenbank, die die Autoren der bibliometrischen Abschnitte der *Science & Engineering Indicators* für die Berechnung ihrer Indikatoren zu Grunde legen, wurde von ihnen eingehender analysiert (NSB 2002: ch. 5 pp. 39-41), ohne dass sie mit Bestimmtheit die Ursachen ausmachen konnten. Die überraschende Tendenzumkehr zeigt sich in nahezu allen Disziplinen und Sektoren, am stärksten in den Großdisziplinen Biologie (ohne Biomedizin) und *Engineering & Technology*. Der universitäre Sektor ist unterdurchschnittlich betroffen, am gravierendsten ist der Rückgang an Publikationen bei privaten profitorientierten Forschungseinrichtungen.³

Die Befürchtung, die Forschung würde aus den Universitäten ausziehen, kann mit den referierten Daten nicht bestätigt werden.⁴ Allerdings werden vor allem Ergebnisse der Grundlagenforschung in begutachteten Zeitschriften publiziert. Forscher in Industrielabors benötigen zum Nachweis ihrer Fähigkeiten anderes als Publikationslisten. Die referierten Daten erfassen also vorrangig solche Forschung, wie sie gerade an den Universitäten durchgeführt wird. Will man das ganze Spektrum von Forschung und Entwicklung analysieren, sollten auch Patentdaten herangezogen werden (s. 2d).

Bei Angaben zum finanziellen oder personellen Aufwand für F&E besteht ein solches Problem nicht, da Geld in allen Sektoren eines nationalen Wissenschaftssystems als Maßstab in gleicher Weise gültig ist. Obwohl solcherart Angaben außerhalb des Themas dieser Expertise liegen, sei auf einige Aufwandsdaten dennoch hingewiesen. In einem Gutachten für das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) findet sich eine interessante Zeitreihe, die den Anteil von F&E-Ausgaben des Staates und der Wirtschaft in Deutschland gegenüberstellt (Grupp *et al.* 2002: 170): 1948 zahlte der Staat 60%, die Wirtschaft 40%, 1999 hat sich das Verhältnis umgekehrt. Nach neuesten Zahlen (BMBF 2002: 412) teilen sich zur Jahrtausendwende Staat und Wirtschaft die Ausgaben im Verhältnis 1/3 zu 2/3. Auch die Zahl der von der Industrie beschäftigten Forscher stieg (nach einigen Turbulenzen) zum Ende der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts in Deutschland wieder an, und zwar auf mehr als 150.000 im Jahr 1999, während die Hochschulen in diesem Jahr etwas weniger als 67.000 Forscher beschäftigten und die anderen vor allem staatlich finanzierten Forschungseinrichtungen gut 38.000. Der staatliche und der Hochschulsektor zeigten hierbei im letzten Jahrzehnt ähnliche, aber im Vergleich zur Wirtschaft geringere Zuwächse (BMBF 2002: 426). Diese beiden Sektoren haben sich auch vor 1990 in der BRD nicht unterschiedlich stark entwickelt (Hohn & Schimank 1990: 50), so dass die allgemeine These, wonach die Forschung immer mehr aus den Hochschulen in die staatlich finanzierte außeruniversitäre Forschungseinrichtungen abgewandert sei, auch mit diesen Daten für den Forschungsaufwand nicht bestätigt werden kann.⁵

Da die nationalen Wissenschaftssysteme sich historisch unterschiedlich entwickelt haben, sind Befunde zu den Verhältnissen in einem Land nicht auf die eines anderen übertragbar. Deutschland hat, z.B., im Gegensatz zu den USA traditionell einen starken außeruniversitären Forschungssektor, während dort sich der universitäre Sektor in stärker oder schwächer auf die

Forschung orientierte Hochschulen differenziert hat (man spricht von *research universities*, vgl. Ziman 1994: 75). Aussagen zum Anteil der deutschen Universitäten an der Forschung sollten bibliometrisch genauer als bisher untermauert werden. Eine detaillierte bibliometrische Statistik der Sektoren, wie sie für die USA in den *Science & Engineering Indicators* nachlesbar ist, fehlt für Deutschland (s.a. Abschnitt 1).

2c. Beachtung universitärer und außeruniversitärer Forschung

Wenn, wie vermutet wird, moderne und interdisziplinäre Großforschung an Universitäten nur noch schwer zu etablieren wäre, sollte sich das in einer abnehmenden Tendenz der Beachtung universitärer Forschungsergebnisse in der Literatur bemerkbar machen. Für die 80er Jahre kann für die BRD zumindest festgestellt werden, dass der Anteil von hochzitierten naturwissenschaftlichen Arbeiten aus Universitäten mit 88% von 743 (Glänzel & Czerwon 1992) höher ist als ihr Anteil an allen SCI-Publikationen (unter 75%; s. 2b).⁶ Das signalisiert zumindest eine hohe Aktualität der universitären Wissenschaft.

In den USA hat der universitäre Sektor seinen Anteil an allen Zitationen in vom SCI erfassten Journalen von 1990 zu 1995 leicht erhöht, während alle anderen Sektoren (bis auf den kleinen *non-profit*-Sektor) hierbei abnahmen oder stagnierten (NSB 1998: Tab. 5.46). Dieser Trend setzte sich in den Folgejahren fort. Dabei erhöhte sich die Rate der Zitationen des universitären Sektors auf sich selbst weniger stark als die Raten der Zitationen aus den anderen Sektoren. Im allgemeinen bekam in den Disziplinen jeder Sektor soviel Zitationen, wie nach seiner Publikationszahl zu erwarten war. Nur der universitäre Sektor erhielt in einigen Disziplinen (Chemie, Technologie, Sozialwissenschaften) einen signifikant höheren Anteil von Zitationen als es seinem Anteil an Publikationen entsprach. Da Ergebnisse von Grundlagenforschung in der angewandten Forschung eher zitiert werden als umgekehrt, sollte dies allerdings erwartet werden (NSB 2000: A-408; 644). Festzuhalten ist aber, dass sich in den USA die Bezugnahme auf Resultate universitärer Forschung keinesfalls verringert hat.

2d. Patente und Anwendungsnähe universitärer Forschung

Forschung als Produktion von neuem Wissen wird angefeuert durch den Ruhm, der mit der ersten Publikation neuen Wissens – und nur mit ihr – verbunden ist. In Fachgebieten mit hoher Konkurrenz wird also alles schnell publiziert. Bei wirtschaftlich verwertbarem Wissen ist eine Veröffentlichung nicht unmittelbar vorteilhaft; der Patentschutz soll Erfinder dazu anregen, ihr neues Wissen dennoch offen zu legen. Patentschriften sind staatlich geprüfte Publikationen und insofern ist es naheliegend, sie einer bibliometrischen Analyse zu unterziehen, welche über die übliche Patentstatistik hinausgeht, z.B. durch Auswertung der Patentreferenzen. Auch hierzu findet man in den *Science & Engineering Indicators* aufschlussreiche Angaben (NSB 2000: 6-53). Eine Tendenz zum verstärkten Zitieren wissenschaftlicher Literatur ist unverkennbar. Waren es 1985 11% der US-Patente, die Bezug auf wissenschaftliche und technische Zeitschriftenaufsätze nahmen, so betrug dieser Anteil 1996 bereits 25%. Das ist ein deutlicher Hinweis auf die enger gewordene Beziehung zwischen Forschung und innovativer Anwendung, wobei kein Forschungsfeld von dieser Tendenz ausgenommen ist. Biomedizinische und klinisch-medizinische Forschung ist jedoch besonders involviert.⁷

Was die Universitäten in den USA angeht, so bezogen sich 1987 48% der wissenschaftlichen US-Patentreferenzen auf ihre Forschungsergebnisse, 1998 waren es 54%.⁸ Sogar im Feld

Engineering & Technology, der Domäne der Industrie, konnten die Universitäten ihren Anteil von 26% auf 46% erhöhen, die prozentual höchste Steigerung in einem Forschungsfeld (NSB 2000: 6-54). Die US-Universitäten haben in den letzten zwei Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts auch von Jahr zu Jahr mehr Patente angemeldet und so ihren Anteil an allen US-Patenten auf jetzt ca. 5% vervielfacht.⁹ Dieser Prozess ist allerdings fachlich stark auf die Biomedizin konzentriert und institutionell auf die 100 größten Forschungsuniversitäten (NSB 2000: 6-57; 2002: 5-55). Es wird aber zumindest von diesen Universitäten in der Biomedizin jetzt sehr viel mehr neues Wissen patentiert als noch vor 20 Jahren. Das zeugt einerseits von größerer Anwendungsnähe – ein Charakteristikum von Modus 2 wie auch von Zimans *steady state* – und ist andererseits auch Folge einer seit 1980 neuen Gesetzgebung, die den Universitäten die Patentierung erleichtert.¹⁰ Auch auf diesem Weg wird ein zunehmender Teil der universitären Forschung von der Industrie finanziert und damit möglicherweise auch in der Richtung bestimmt. Die Aussicht auf kommerzielle Verwertung kann auch dazu führen, dass ein Projekt an der Universität im Geheimen vor sich geht, und sich damit der akademischen Sphäre entzieht, bis ein Patent angemeldet worden ist (Ziman 1994: 40).

Die Anwendungsnähe von Resultaten wissenschaftlicher Forschung kann auch an der Ausrichtung der Zeitschriften abgelesen werden, in denen sie publiziert werden. Journale wurden von Experten auf einer Skala von 1 (sehr angewandt) bis 4 (sehr fundamental) angeordnet; so können Gruppen, Institute oder Sektoren durch das arithmetische Mittel der Skalenwerte ihrer Publikationen charakterisiert werden. Für die naturwissenschaftlich-technischen Publikationen kanadischer Universitäten wurde von 1980 bis 1995 ein konstanter Wert von 3,1 auf der Skala ermittelt (Godin & Gingras 2000a: 71). Einer Anwendung am nächsten sind dabei die in Kooperation mit anderen Sektoren des kanadischen Wissenschaftssystems gefundenen Forschungsergebnisse, die aber einer Tendenz zu größerer Anwendungsferne unterliegen (Skalenwert 2,4 für 1980 und 2,7 für 1995 bei Publikationen ohne internationale Beteiligung). Bei den einzelnen Disziplinen liegen die Ergebnisse zwischen Werten unter 2 für *Engineering* und konstant 3,8 für die biomedizinische Forschung. Der einzige Fall mit einem durchgängigen Trend hin zur Anwendung sind physikalische Publikationen mit Koautoren aus anderen Sektoren und ohne ausländische Koautoren (3,5 für 1980; 3,2 für 1995). Diese Ergebnisse für die kanadischen Universitäten zeigen also im Gegensatz zu den theoretischen Erwartungen und zu den US-Patentdaten keinen Trend der Forschung hin zur Anwendung. Wenn man annimmt, das die universitäre Forschung der beiden nordamerikanischen Staaten sich nicht sehr verschieden entwickeln, muss diese Differenz methodisch oder durch die Unterschiedlichkeit der Datenbasis bedingt sein (Patentdaten oder Journaldaten beider Staaten stimmen möglicherweise überein).

2e. Vergleich der Produktivität von universitären und außeruniversitären Forschern

Sind Wissenschaftler an Universitäten so durch die Lehre belastet, dass sie weniger zum Forschen kommen als ihre Kollegen ohne Lehrverpflichtung? In dieser Allgemeinheit ist die Frage nicht zu beantworten. Nötig wäre eine differenzierte Betrachtung der Produktivitätsverteilungen universitärer und außeruniversitärer Forscher in einzelnen Fachgebieten, wobei Durchschnittswerte wegen der Schiefe der Verteilungen wenig aussagen (s. 2a). Eine weitere Frage ist die nach den Veränderungen von Lehrbelastung und Forschungsleistung.¹¹

Es gibt eine Reihe von bibliometrischen Untersuchungen zur Verteilung der individuellen Produktivität, die jedoch nicht auf die Zugehörigkeit der Autoren zur Universität oder einem andern Sektor des Forschungssystems eingehen. Die Zuordnung jedes Autors einer nationalen Bibliographie zu einem Sektor ist aufwendig aber möglich, wenn auch nicht vollständig, weil

Autoren in den großen bibliographischen Datenbanken üblicherweise nur mit den Anfangsbuchstaben ihrer Vornamen vermerkt werden. Bei Koautorschaft von Forschern verschiedener Sektoren müsste man für eine eindeutige Zuordnung auch wissen, welche Adresse zu welchem Autor gehört, was gerade der SCI wie auch SSCI und A&HI nicht registrieren. Sinnvoll ist es, von den produktivsten Autoren abwärts die Zuordnung zu einem Sektor vorzunehmen. So würde der Aufwand begrenzt und wenigstens ein Teil der Produktivitätsverteilungen – und ein nicht unwichtiger – zwischen den Sektoren verglichen werden können.

Als Pilotstudie für ein solches Vorgehen kann eine Inspektion von Ranglisten dienen, die das ISI für verschiedene Fachgebiete ins Netz stellt. Hier werden jeweils die einflussreichsten Autoren des Gebietes anhand der Zahl aller Zitationen ermittelt, die von ihnen (mit)verfasste Artikel in den vom ISI indextierten Zeitschriften von 1981-99 erhalten haben (McVeigh 2001b).¹² Dieses Verfahren misst also Produktivität und Beachtung, wobei die Zählweise nicht fraktional ist, d.h. die Zitierungen werden nicht auf die Koautoren des zitierten Artikels aufgeteilt, sondern jedem wird jede Zitierung voll angerechnet. Für die Molekularbiologie und Genetik enthält die Liste insgesamt 107 Forscher (McVeigh 2001a). 81 von ihnen arbeiten in den USA, von denen 46 (d.s. 57%) einer von 29 verschiedenen Universitätsadressen zugeordnet sind. Verglichen mit dem Anteil der Universitäten an der biomedizinischen Forschung in den USA, der in den 80er und 90er Jahren immer knapp über 75% lag (NSB 2000: A-394), sind universitäre Forscher in der Spitzengruppe also geringer vertreten. Um die statistische Signifikanz dieses Vergleichs einschätzen zu können, müsste er über diese Gruppe hinaus fortgesetzt werden. Aus Deutschland sind 12 Forscher in der Liste, davon eine Frau, die zugleich als einzige eine Hochschule vertritt. 8 Hochzitierte arbeiten z.Z. an 6 Max-Planck-Instituten, einer ist Forschungsdirektor einer Firma.¹³

Die genannten Listen des ISI sind nicht frei von Zufällen, weil auch die Zitationen auf die Artikel einzelner Wissenschaftler sehr schief verteilt sind.¹⁴ Eine Analyse der produktivsten Forscher eines Faches sollte von den Publikationszahlen ausgehen (Havemann 2002). Noch ertragreicher und relevanter, aber auch aufwendiger, sind Untersuchungen der Produktivität von Gruppen (die mit der Analyse ihres Kooperationsverhaltens kombiniert werden können und sollten, s. 3c). Dies haben u.a. Bordons und Zulueta (1997) unternommen, die die produktivsten spanischen Forschergruppen in zwei biomedizinischen Gebieten bibliometrisch analysierten. 43 der 61 nach ihrem Ausstoß an Publikationen ausgewählten pharmazeutischen und pharmakologischen Gruppen (d.s. 70%) waren an Universitäten angesiedelt. Die zu diesen spanischen Gruppen gebildeten Indikatoren der Produktivität und des Kooperationsverhaltens sind in der angegebenen Publikation nicht auf die Sektoren spezifiziert, was jedoch ohne weiteres möglich sein sollte. Gleiches gilt für die Untersuchung der norwegischen mikrobiologischen Gruppen durch Seglen und Aksnes (2000).

2f. Forschung um Dissertationen

Zweifellos wird ein Großteil der Forschungsarbeit an den Universitäten – aber nicht nur dort – geleistet, um mit den Ergebnissen einen akademischen Grad zu erlangen. Mit viel Engagement beweisen dabei Diplomanden und Promovenden, dass sie selbständig wissenschaftlich arbeiten können. Sicherlich hat aber John Ziman (1994: 79) recht, wenn er darauf hinweist, dass in der expansiven Epoche der Wissenschaft viel vom Fleiß der jungen Nachwuchskräfte auf ihrer berechtigten Hoffnung beruhte, mit ihren ersten Forschungsergebnissen eine akademische Karriere begründen zu können. Wissenschaft im *'steady state'* kann Karrieren im akademischen

Bereich nicht mehr im gewohnten Umfang bieten (s. 1b), so dass dieses Engagement der jungen Leute ihr verloren gehen könnte (vgl. Mangematin 2000).

Die Ergebnisse der Forschung für Dissertationen werden nicht nur in diesen schriftlich fixiert, sondern auch vor oder kurz nach der Einreichung in Journalen publiziert, je angesehener diese sind, umso besser. (In einigen Ländern kann der eingereichte Text auch ganz oder teilweise aus diesen publizierten Artikeln bestehen.) So ist die Forschung zu Dissertationen auf zweierlei Weise bibliometrisch analysierbar, direkt über die Dissertationsdatenbanken und über die in den Texten zitierten Publikationen der Kandidaten. Die Auswertung einiger Proben von Dissertationen aus unterschiedlichen europäischen Ländern zu unterschiedlichen Zeiten (nach 1968) in unterschiedlichen Fächern ergab immer einen Durchschnitt von vier Publikationen pro Dissertation, wobei meist der Einreichende Erstautor war (Breimer & Breimer 1996, Breimer 1996a, b). In dem Maße, wie Dissertationen über das Netz verfügbar sind,¹⁵ können solche Analysen mit relativ wenig Aufwand für weitere Proben durchgeführt werden. Wenn sich die Zahl von vier Journalpublikationen bestätigt, kann man anhand der jährlichen Promotionszahlen abschätzen, welchen Anteil die Forschung für Dissertationen an allen Forschungsleistungen eines Landes auf einem Fachgebiet hat.

Hochschulen haben das alleinige Promotionsrecht, die Versuchsanlagen, an denen Promovenden ihre Ergebnisse erzielen, können jedoch genauso gut in Großforschungszentren oder Max-Planck-Instituten stehen. Es sind also nicht nur Universitäten, die Nutzen aus dieser Arbeit ziehen, wenn auch Universitätslehrer die fähigsten Köpfe schon während des Studiums kennen lernen können und so zeitlich im Vorteil sind. Interessant wäre zu wissen, wie leistungsfähige universitäre und außeruniversitäre Forschungsgruppen ihren Ausstoß an Resultaten durch Graduierungsarbeiten erhöhen. Viele Gruppen weisen ihre Publikationen und auch die Dissertationen auf ihren Netzseiten aus, so dass für solche Analysen von Gruppen die Daten aus den bibliographischen Datenbanken mit den Angaben im Netz abgeglichen werden können.

2g. Wachstumsdynamik von Universitäten und die Finanzierung ihrer Forschung

Plerou *et al.* (1999) haben untersucht, nach welchem Muster Forschungsaktivitäten von nordamerikanischen und britischen Universitäten jährlich gewachsen sind. Als Ausgangsdaten benutzen sie Forschungsausgaben, sowie Zahlen von Journalpublikationen und von Patenten. In allen fünf Proben erhielten sie gleichartige Abhängigkeiten mit gleichen Parametern für die statistische Beschreibung der Wachstumsdynamik der Universitäten der jeweiligen Probe. Erstaunlicherweise ist diese statistische Beschreibung den Beschreibungen des ökonomischen Wachstums von Firmen und auch von Ländern ganz ähnlich. Die Autoren führen die Ähnlichkeit von akademischer und ökonomischer Aktivität auf den ähnlichgearteten Wettbewerb um die Gunst der "Kunden" für ihre Produkte zurück (s. 1b u. Ziman 1994: 125).

Wenn sich die Wachstumsdynamik von Universitäten in Wissenschaftssystemen, die Forschungsgelder administrativ und nicht über einen Projektmarkt verteilen, statistisch von der von Plerou *et al.* gefundenen unterscheidet, dann wäre ihr Resultat bestätigt und ihrer praktischen Schlussfolgerung, die Forschung an den Universitäten der USA bräuchte nicht noch mehr *like business* organisiert werden, weil sie es schon ist (S. 436), wäre nichts entgegengesetzt.

3. Forschungsk Kooperation und Universität

3a. Definition und Nachweis von Kooperation

Wenn bei der Analyse der Wissensproduktion nicht von deren immanent sozialem Charakter ausgegangen wird, bleiben die Ergebnisse notwendig mager. Obwohl Ideen im einzelnen Forscherhirn entstehen, so ist dieser Vorgang unmöglich ohne Anregung durch andere und folgenlos ohne Adressaten. Erst nur über Lehrer, dann auch über Literatur kam älteres Wissen auf die Gelehrten jeder neuen Generation; dann gab es von ihnen so viele, dass sie untereinander in größerem Maße kommunizieren konnten. Das neunzehnte Jahrhundert brachte die Gruppe von Forschern, welche sich einem Projekt widmen, das zwanzigste die Zusammenarbeit von Instituten und Staaten in der Forschung. Will man für quantitative Untersuchungen Zusammenarbeit in der Forschung begrifflich scharf von individueller Arbeit abgrenzen, so stößt man auf Schwierigkeiten, weil Wissensproduktion eines Einzelnen nicht ohne die anderer Menschen möglich ist.

Katz und Martin (1997: 7) kommen beim Versuch der Definition von Forschungsk Kooperation zu dem unbefriedigenden Ergebnis, dass wenn alle, die zu einem Forschungsergebnis direkt oder indirekt beigetragen haben, als Kooperationspartner aufgeführt werden würden, die Liste kein Ende hätte, und im anderen Extrem die Liste strenggenommen oft ganz leer bleiben müsste, wenn sie nur die enthielte, die das Projekt vollständig überblicken und verantworten können. Grit Laudel (1999: 32-40) entrinnt dieser Unbestimmtheit, indem sie Forschungsk Kooperation nicht in Bezug auf das Ergebnis, sondern auf das Handeln der Forscher fasst, welches nach ihrer Auffassung notwendig aufeinander bezogen sein muss, um es kooperativ nennen zu können. In solchen Fällen, wo die Partner in einem gemeinsamen Arbeitsprozess kreativ zum Fortgang des Projektes beitragen und ihre Beiträge gemeinsam in das Ergebnis integrieren, spricht sie von *arbeitsteiliger* Kooperation (S. 40). Solcherart Forschungshandeln als kooperativ zu bezeichnen, ist unproblematisch. Schwieriger wird es bei den Fällen, die sie der *unterstützenden* Zusammenarbeit zurechnet, und bei denen der unterstützende Partner Routine-Dienstleistungen, vorhandene Geräte oder vorhandenes Wissen zur Verfügung stellt. Vorhandenes Wissen kann auch der Literatur entnommen werden und serienmäßig hergestellte Forschungsgeräte können auf dem Markt erworben werden. Hier von Kooperation zu sprechen, ist nach der Laudelschen Definition jedoch ausgeschlossen, weil Literatur und Geräte unspezifisch erzeugt wurden, nicht auf das Projekt bezogen. Analog kann bei den Dienstleistungen abgegrenzt werden.

Arbeitsteilige Kooperation, so sie erfolgreich war, wird sich fast immer im gemeinsamen Publizieren der Forschungsergebnisse äußern, bei der unterstützenden Zusammenarbeit sind die Gepflogenheiten nicht einheitlich. Routinearbeit bei der Messung und Verarbeitung der Daten, Programmierarbeit, das Beistuern von Messproben oder -geräten und nicht zuletzt die informelle Kommunikation von Wissen sind Formen der Zusammenarbeit, die in der Danksagung berücksichtigt aber auch mit Koauthorschaft belohnt werden können. Bibliometrisch wird mit der Analyse der Koauthorschaften also vor allem die arbeitsteilige Kooperation erfasst, wenn auch – ein wesentlich aufwendigeres Unterfangen – Danksagungen ebenfalls schon untersucht wurden. Beim Vergleich der Koauthorschaftsdaten verschiedener Länder, Fachgebiete oder Zeiträume muss beachtet werden, dass die unterstützende Kooperation sich möglicherweise in jeweils unterschiedlichem Maße in Koauthorschaft äußert.¹

3b. Kooperation als Tendenz der Forschung

Die Tendenz zu mehr Kooperation, auch über Instituts-, Länder und Disziplinengrenzen hinweg, ist über die vergangenen zwei Jahrhunderte so eindeutig, dass sie erklärt werden muss. Welche der Ursachen für Kooperation haben sich verstärkt? Welche der Hindernisse sind geringer geworden?

Bei den verbesserten Bedingungen für Zusammenarbeit herrscht weitgehend Übereinstimmung. Insbesondere internationale Kooperation wird immer leichter: Englisch setzt sich als Wissenschaftssprache immer mehr durch, der Eiserner Vorhang ist verschwunden, Flüge haben sich verbilligt, und das Internet macht die Kommunikation einfach, billig und schnell. Gerade das Internet wurde jedoch von den Wissenschaftlern selber geschaffen und zu ihrem mittlerweile wichtigsten Kommunikationsinstrument gemacht (bevor es von der Wirtschaft entdeckt wurde). Es kann nicht nur an dem Wegfallen von Barrieren oder der besonderen Förderung liegen, wenn Kooperation auf allen Ebenen immer mehr zugenommen hat und noch weiter zunimmt. Es muss tieferliegende Ursachen für diese säkulare und globale Tendenz geben. Bei der Diskussion der Ursachen sind die Meinungen vielfältiger.

Als kognitive Ursache für die Zunahme von Zusammenarbeit sehe ich an, dass die Ertragsrate der Forschung sinkt (Rescher 1978). Aus der ständig wachsenden Masse an vorhandenem Wissen können und müssen im Mittel für das jeweilige Forschungsproblem immer mehr Fakten, Theorien und Methoden zur Verfügung stehen, was einzelne Forscher und Institutionen nicht mehr liefern können (Hicks & Katz 1996a: 41). Beim Sozialen würde ich zuallererst darauf verweisen, dass sich in gesellschaftlich (inkl. wirtschaftlich) relevanten – und daher gut dotierten Forschungsrichtungen – ausgehend von den internationalen Spitzeneinrichtungen ständig der Standard und damit der Konkurrenzdruck erhöht, was zur Konzentration der Mittel führt, und dies nicht nur auf der Ebene der Forscher,² sondern auch auf nationaler Ebene.

Alle Sektoren der nationalen Wissenschaftssysteme – nicht nur der universitäre – haben an dieser Tendenz teil. Mehr noch: Da Kooperation nicht an den Sektorengrenzen Halt macht, wird die sektorale Zuordnung von Forschung zunehmend schwieriger und irrelevanter. Die Sektoren eines Landes überlappen sich zunehmend untereinander und mit den Sektoren anderer Länder. Eine Ebene tiefer besteht das selbe Problem, wenn es um die Evaluierung von Instituten anhand ihres Forschungsausstoßes geht (Hicks & Katz 1996a).

Es lässt sich bibliometrisch nachzeichnen, wie sich die Sektoren eines Wissenschaftssystems mehr und mehr überlappen, wenn man die Zahlen von Publikationen ermittelt, welche von Autoren mit Adressen in unterschiedlichen Sektoren verfasst wurden. Für die USA liegen diese Zahlen in langen Zeitreihen und auch disziplinspezifisch in den *Science & Engineering Indicators* vor (NSB 1998: A-269 ff.). Dort ist zu entnehmen, dass der Hochschulsektor 1981 20,4% seiner Publikationen in den Natur- und Technikwissenschaften zusammen mit Autoren aus anderen Sektoren produzierte und diesen Anteil über die Jahre bis 1995 auf 24,2% steigerte. Die höchste Steigerung erfuhr dabei die Zusammenarbeit mit Industrieforschern, die sich absolut und anteilmäßig mehr als verdoppelte. Von der Industrie aus gesehen, sind die Universitäten bezüglich der Kooperation der wichtigste Sektor. 1995 wurden 41% (oder 7479) ihrer in internationalen Kernzeitschriften publizierten Resultate zusammen mit Universitätswissenschaftlern gewonnen. Der kleinere Teil davon ist dem Feld *Engineering and technology* zugeordnet (968 Veröffentlichungen, S. A-279), ein Gebiet auf dem die Zusammenarbeit der beiden Sektoren stagniert. Dynamischer ist die Kooperation zwischen Universitäten und Industrie der USA vor allem in der Biomedizin (S. A-272), wo sie von anfangs 276 auf zuletzt 1.216 Veröffentlichungen pro Jahr anstieg. Absolut mehr zusammen gearbeitet

wurde 1995 nur noch in der klinischen Medizin mit 2.457 Artikeln, die gemeinsam von Industrie- und Industrieforschern publiziert wurden (S. A-270).

Ähnlich aufschlussreich sind die Daten, die für Kanada (Godin & Gingras 2000) und für Australien (Butler 2001, Tab. 27) vorliegen. Auch in diesen Ländern haben die Universitäten ihre Zusammenarbeit mit anderen Sektoren in den 80er und 90er Jahren ausgeweitet. In Kanada entsprangen 1980 daraus 15% und 1995 bereits 21% ihrer Publikationen. Im Gegensatz zu den *Science & Engineering Indicators* werden in diesen Studien die Kliniken nicht zum universitären Sektor gerechnet. Sie sind in beiden Ländern die wichtigsten Partner der Universitäten. Am stärksten entwickelte sich in Kanada die Zusammenarbeit mit den Firmen, deren Anteil sich von 7,1% auf 10,6% aller Kooperationspublikationen der Universitäten erhöhte.

Sektoren nationaler Wissenschaftssysteme als Ganzes kooperieren nicht miteinander, vielmehr arbeiten Institute, Gruppen und Wissenschaftler zusammen. Ihr Kooperationsverhalten und dessen Wandel quantitativ zu beschreiben und sektoral zu vergleichen, das sollte für die Diskussion um den Umbruch der Wissenschaft ebenso interessant sein, wie es Daten der Makroebene sind. Gerade die zunehmende Überlappung der Sektoren erschwert jedoch ihren Vergleich und noch mehr die suggestive Darstellung der Ergebnisse, wie sie für wissenschaftspolitische Debatten nötig ist. Es reicht nicht mehr, Sektorendaten darzustellen, es müssten vielmehr die Angaben für die Überlappungen und für den Rest der Sektoren separiert werden. Darüber hinaus hängen Tendenzen im Kooperationsverhalten vom Fachgebiet ab. Weil aber die Disziplinen unterschiedlich stark in den Sektoren vertreten sind, sollten Vergleiche von Sektoren fachspezifisch durchgeführt werden.

Schon so ein einfacher Indikator, wie der Grad der internationalen Zusammenarbeit, kann sich für einen Sektor deshalb erhöhen, weil ein anderer ihm den Zugang zu den internationalen Fachgemeinschaften verschafft. Für die Industrie scheint dieser Zugang ein Motiv der verstärkten Veröffentlichung ihrer Ergebnisse in internationalen Zeitschriften und der verstärkten Zusammenarbeit mit staatlichen und universitären Laboratorien zu sein (Okubo & Sjöberg 2000: 83). Katz und Hicks (1996: 143) stellen fest, dass die britischen Firmen ihre internationale Zusammenarbeit in der Forschung in den 80er Jahren überdurchschnittlich, nämlich auf mehr als das Doppelte an Publikationen, erhöhten. Andererseits verstärkten sie ebenfalls überdurchschnittlich ihre Zusammenarbeit mit den anderen Sektoren (S. 145). Es bleibt jedoch unklar, inwieweit die Zunahme der internationalen eine Folge der Zunahme der sektoralen Zusammenarbeit gewesen ist. Das müsste sich anhand der gemeinsamen Publikationen untersuchen lassen.

Die gleiche differenzierte Methodik verlangen Analysen der Verteilung von Publikationen nach Autoren- oder Adressenzahlen. Auch hier mischen sich die Kooperationsweisen der Autoren oder Institutionen verschiedener Sektoren oder verschiedener Länder, wenn man dies nicht bei der Datenerhebung sorgfältig trennt.

3c. Vorschläge für neue Analysen

Um zu ermitteln, inwieweit sich das Kooperationsverhalten von Forschern in Universitäten von dem ihrer Fachkollegen in außeruniversitären Instituten und in Firmen unterscheidet, schlage ich vor, auf drei Ebenen vorzugehen, auf der der einzelnen Wissenschaftler, auf der von Forschungsgruppen und der von Instituten.

Die produktivsten Autoren eines Fachgebiets könnten hinsichtlich ihres Kooperationsverhaltens und ihrer institutionellen Anbindung analysiert werden. Bibliometrisch lassen sich relativ leicht unter den häufigsten Kooperationspartnern dieser Autoren die wechselnden Mitglieder ihre Arbeitsgruppen ermitteln (Bordons *et al.* 1995). Die Größe der Gruppen, ihre Beständigkeit, ihre Außenbeziehungen und ihre Produktivität könnten bibliometrisch als auch über ihre Seiten im Internet untersucht werden. Bei ausgewählten universitären und außeruniversitären Gruppen könnte die Analyse auf ihre Institute ausgeweitet werden.

4. Indikatoren für Interdisziplinarität

4a. Definition von interdisziplinärer Forschung

Es ist von Nutzen, an den Ursprung und die Wandlungen des Begriffes der Disziplin zu erinnern, bevor man versucht, interdisziplinäre Forschung begrifflich zu fassen. Die Herkunft des Wortes vom lateinischen *discipulus* – Schüler – weist auf die ursprüngliche Bedeutung eines Korpus lernbaren Wissens hin (Krohn & Küppers 1989: 95-100; Stichweh 1994: 279). R. Stichweh vermerkt dazu: "Was das 19. und 20. Jahrhundert von dieser Ausgangssituation trennt, ist zunächst die überraschende Karriere der wissenschaftlichen Disziplin. Diese wird aus einer Ordnung gesicherten Wissens für Zwecke der Lehre zu einem Sozialsystem spezialisierter Forschung und Kommunikation, und sie ist als solches verankert in einer Infrastruktur akademisch-wissenschaftlicher Berufe." Aus der Genese des Disziplinbegriffes wird verständlich, warum Forschung, die auf grundlegend Neues zielt, nicht an Disziplingrenzen gebunden sein darf, ebenso wenig wie die Forschung zu Problemstellungen aus der Praxis, welche ohne Rücksicht auf die Disziplinenstruktur entstehen.

Es gibt unterschiedliche Definitionen von Interdisziplinarität; zudem werden ihr (z.B. von Erich Jantsch, 1972: 106) begriffliche Ableger wie Pluri- und Transdisziplinarität beigegeben, die eine differenzierte Analyse aller hier relevanten Phänomene ermöglichen sollen. Transdisziplinarität wird als höher integrierte Variante verstanden wird, wogegen pluridisziplinäre Forschung solche ist, die rein additiv Gebrauch von Wissen verschiedener Disziplinen macht. Ich vermute, dass solche Differenzierungen bibliometrisch nur schwer zu unterscheiden sein dürften – es ist mir kein Gegenbeispiel bekannt – und lasse sie daher beiseite.

Heinrich Parthey (1999: 244) nennt Forschungssituationen, "in denen sowohl Problem als auch Methode in bezug auf dieselbe Theorie formuliert bzw. begründet sind" disziplinär, alle anderen interdisziplinär. Er grenzt sich so von Begriffsbestimmungen ab, die Kooperation als notwendiges Kriterium von Interdisziplinarität ansehen. Seine Definition erlaubt es, auch unterhalb der Ebene der traditionellen Großdisziplinen Interdisziplinarität festzustellen. Sie bewährte sich bei empirischen Studien, bei denen Forscher nach der Interdisziplinarität ihrer Projekte befragt wurden (Parthey 1983: 30, Laudel 1999: 37).

R.J.W. Tijssen (1992: 28) definiert relativ unscharf das Konzept der Interdisziplinarität als den direkten oder indirekten Gebrauch von Wissen, Methoden, Techniken, Geräten, die Resultat wissenschaftlicher und technischer Tätigkeit "in other fields" sind. Eine Reihe von bibliometrischen Studien kommt ganz ohne eine Begriffsbestimmung aus. Ich werde im weiteren die Partheysche Definition zugrunde legen.

Bei der Aggregation bibliometrischer Indikatoren für Interdisziplinarität wird auf explizite Einschätzungen der Forschenden – wie sie bei Befragungen erhoben werden – verzichtet. Stattdessen werden verschiedene bibliographische Daten herangezogen, deren Verwendung in diesem Kontext jeweils spezifische Probleme aufwirft. Ein Problem, das allen bibliometrischen Studien gemeinsam ist, betrifft die Abgrenzung der Disziplinen. Der fortschreitende Prozess der Spezialisierung, der von jedem Forscher im Laufe seiner Ausbildung nachvollzogen wird, hat eine Vielzahl von Disziplinen, Teildisziplinen und Spezialisierungsrichtungen hervorgebracht, die nur schwer in ein allgemein anerkanntes und schon gar nicht in ein dauerhaftes System gebracht werden können. Ob eine Forschungsarbeit auf Wissen aus verschiedenen Disziplinen oder Teildisziplinen beruht oder nicht kann im Einzelfall davon abhängen, welche Einteilung benutzt wird. Sollen Zeitreihen gebildet werden, muss beachtet werden, dass Klassifikationen altern.

4b. Bibliometrischer Nachweis von Interdisziplinarität

Was sich nach der zugrundegelegten Definition zuerst anbietet, soll die Wissensbasis von Forschungsprozessen bibliometrisch als disziplinär oder interdisziplinär eingeschätzt werden, ist die Analyse der Referenzen der Publikationen. Insofern diese nach einem gewähltem Klassifikationsschema verschiedenen Gebieten zugeordnet werden können oder (überwiegend oder ganz) nur einem, kann die Forschung als mehr oder weniger interdisziplinär oder als rein disziplinär eingeschätzt werden.

Nun können die zitierten Arbeiten selber wieder mehr oder weniger interdisziplinär sein, so dass die Referenzen der Referenzen beliebig weit zurück verfolgt werden müssten. Auch sind die Zitiergewohnheiten keineswegs einheitlich, es kann breiter oder enger Bezug auf verwendete Resultate genommen werden. Autoren trachten nach Vollständigkeit, insbesondere bei der neueren Literatur, um sich nicht dem Vorwurf auszusetzen, sie würden sie nicht kennen; Kenntnis der Literatur verhindert unnötige Dopplungen bei der Forschungsarbeit oder anders herum: In einem Aufsatz muss gezeigt werden, worin sich Problemstellung, Forschungsgegenstand, Methode, Ergebnis oder weiterführende Problematisierung von bereits publiziert vorliegenden Untersuchungen unterscheidet, um selber publizierbar zu sein (Parthey 2002).

Es muss also nicht aus jeder Arbeit in der Referenzliste Wissen direkt in das neue Resultat einfließen. Die Partheysche Definition verlangt das auch nicht, es wird ausdrücklich nur von Bezugnahme gesprochen. Die nicht nur in Übersichtsartikeln übliche Sichtung des aktuellen Diskurses kann daher bei der Bestimmung des Grades an Interdisziplinarität mit eingeschlossen werden.

Trotzdem bleiben Fälle, wo Arbeiten zitiert werden können, aber nicht müssen. Diese werden jedoch um so irrelevanter, je größer die untersuchte Stichprobe ist. Zu diesen methodischen Schwierigkeiten kommt noch, dass die Klassifizierung der Referenzen technisch aufwendig sein kann. Für Trendanalysen oder Vergleiche des Grades an Interdisziplinarität von Sektoren der Forschungslandschaft kann der Aufwand begrenzt werden: Es brauchen Referenzen von Referenzen nicht beachtet zu werden, da es hier nicht auf die genaue Bewertung des einzelnen Forschungsergebnisses ankommt. Auch reicht es, Referenzen nach dem Journal fachlich einzuordnen, was Bezüge auf Arbeiten in multidisziplinären Journale von der Analyse ausschließt.

Die Verwendung von Wissen verschiedener Gebiete kann sich auch daran zeigen, dass ihnen spezifische Begriffe im Text der Publikation auftauchen. Vom Autor vergebene Schlüsselwörter, der Titel, die Zusammenfassung oder auch der ganze Text können getrennt und am besten in absteigender Gewichtung hierzu analysiert werden. Die Suche nach spezifischen Begriffen im Text verlangt deren Kenntnis und muss auf alle Wörter oder Wortgruppen verzichten, die nicht nur einem Gebiet zuzuordnen sind. Auch diese Zuordnung muss nicht dauerhaft sein: Zuerst spezifische Ausdrücke diffundieren in andere Gebiete, wo sie einem Bedeutungswandel unterliegen können.

In einigen bibliographischen Datenbanken werden Publikationen über die vom Autor möglicherweise vergebenen Schlüsselwörter hinaus manuell oder automatisch mit zusätzlichen versehen oder von Fachleuten direkt ein oder mehreren Gebieten in einem Klassifikationsschema zugeordnet. Letzteres macht die bibliometrische Analyse einfach aber methodisch nicht sicherer als bei Referenzanalysen, weil die Vorgehensweisen beim Indexieren ebenso wenig kontrollierbar sind, wie die Zitiergewohnheiten der Wissenschaftler.

Wenn bei der Referenzenanalyse von den zitierten Journalen diejenigen, welche nicht eindeutig einem Fach zugeordnet werden können, weggelassen werden, so kann umgekehrt gerade die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen in solchen Journalen als Hinweis auf den möglicherweise interdisziplinären Charakter der Forschung gewertet werden. Im Einzelfall muss dies nicht zutreffen, aber großflächige Vergleiche oder Trendanalysen könnten doch interessante Ergebnisse bringen.

Das Wissen verschiedener Disziplinen oder Teildisziplinen kann in einer Forschergruppe durch verschieden ausgebildete Spezialisten vertreten und damit abrufbar werden. Bibliometrisch lässt sich hier ermitteln, ob Autoren vorher in anderen Forschungsfeldern tätig waren. Einschlägige Untersuchungen zur Feldmobilität von Wissenschaftlern zeigen die Brauchbarkeit solcher Daten (Wagner-Döbler 1998). Kooperation zwischen Wissenschaftlern verschieden ausgerichteter Gruppen oder Institutionen, die fachlich eingeordnet werden können, sind ebenfalls zum Nachweis interdisziplinärer Forschung verwendbar. Wenn aus der Kooperation gemeinsame Publikationen entspringen, kann zumindest solche Interdisziplinarität erfasst werden, die mit Kooperation verbunden ist. Bei der starken Zunahme an Kooperation über Institutsgrenzen, wird dieser Typ interdisziplinärer Forschung zu einem immer mehr verbreiteten.

Forschungsergebnisse können darauf hin untersucht werden, inwieweit sie in einer anderen Disziplin Verwendung finden, was auch mit bibliometrischen Mitteln erfolgen kann. Eine Anwendung im anderen Fach allein qualifiziert Resultate jedoch nach der hier zu Grunde gelegten Definition nicht als interdisziplinär. Wenn aber Forscher die Möglichkeit der Nutzung ihrer Resultate auf anderen Gebieten erkennen, werden sie bemüht sein, diese Nutzung zu befördern und dazu Begriffe und Wissen des anderen Gebietes in ihre Überlegungen einbeziehen. Solch ein Vorgehen ist interdisziplinär, es kann bibliometrisch erfasst werden, indem man untersucht, inwieweit Forscher einer Disziplin den Transfer ihrer Ergebnisse beschleunigen, indem sie sie in Zeitschriften einer anderen publizieren. Auch ein solches Verhalten kann zur Feldmobilität gezählt werden.

4c. Vorliegende Ergebnisse

Den zuletzt erwähnten Aspekt von interdisziplinärer Forschung haben Bourke und Butler (1998) analysiert. Sie ermittelten, inwieweit Naturwissenschaftler an den 37 australischen Universitäten (in den Jahren 1990 - 94) in Zeitschriften publizierten, die disziplinär anders eingeordnet

werden, als ihr jeweiliges Department. Dabei unterschieden sie nicht, ob dies in Kooperation mit Spezialisten des Faches der Zeitschrift geschah oder nicht. Nur Physiker, Chemiker, Mediziner und Geowissenschaftler veröffentlichten in überwiegendem Maße in Journalen des eigenen Faches, aber auch sie zielten bei drei von zehn Publikationen auf Fachgemeinschaften anderer Disziplinen (S. 715). Diese Befunde deuten darauf hin, dass universitäre Forschung heute keinesfalls disziplinär beschränkt ist. Einen Trend zur Interdisziplinarität an Universitäten konnten die Autoren beim Vergleich von 80er und 90er Jahren nicht ausmachen. Das Publikationsverhalten änderte sich nur wenig und uneinheitlich. Mathematiker und Geowissenschaftler waren in den 80ern fachlich etwas breiter als Anfang der 90er Jahre, Biologen, Chemiker und Agrarwissenschaftler etwas enger.

Auch die meisten anderen, oben aufgeführten bibliometrischen Indikatoren für Interdisziplinarität wurden in Studien erprobt. Maria Bordons *et al.* (1999) bestimmten den Grad von Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Departments einer der Universitäten in Madrid anhand der Zahl gemeinsam publizierter Ergebnisse. Sie stellten im Jahre 1990 für solcherart interdisziplinäre Publikationen ein Anteil von 7% an allen Publikationen fest, welcher sich bis 1996 – zum Teil wegen eines speziellen Förderprogrammes – fast verdoppelte. Jian Qin *et al.* (1997) fanden bei der Hälfte einer Zufallsstichprobe von fast 850 Artikeln aus dem Jahrgang 1992 des Science Citation Index (SCI) mindestens zwei verschiedene Institutsadressen. Von dieser Hälfte der Artikel waren zwei Drittel mit Adressen versehen, welche sie unterschiedlichen Disziplinen zuordneten. Gemessen mit diesem Indikator, entstand also 1992 ein Drittel der Artikel in interdisziplinärer Kooperation. Qin (1994) analysierte auch eine Stichprobe aus den Jahrgängen 1901 bis 1991 der Philosophical Transactions (London) und stellte einen gewissen Trend zur interdisziplinären Kooperation seit den 70er Jahren fest, welche jedoch in der Probe immer schwächer als die disziplinäre Kooperation blieb.¹

Den groben Indikator der Zahl von Artikeln in nicht eindeutig disziplinär zuzuordnenden Journalen benutzten Hicks und Katz (1996: 387) zur Bestimmung des Grades an Interdisziplinarität der britischen Forschung von 1981 bis 1991 und stellten einen leichten Aufwärtstrend fest. Morillo *et al.* (2001: 220-221) bestätigten den Nutzen dieses Indikators für Makroanalysen und fanden heraus, dass er bei der Untersuchung von Spezialgebieten Ergebnisse liefert, die denen der im folgenden beschriebenen, feineren Methoden nicht widersprechen.

Tijssen (1992) untersuchte die Interdisziplinarität von Artikeln zur Energieforschung, denen durch professionelle Indexierer Schlüsselwörter aus einem hierarchisches Klassifikationsschema zugeordnet worden waren. Jeder Fall von gemeinsamem Auftreten von Schlüsselwörtern verschiedener Teilgebiete kann als Resultat interdisziplinärer Forschung gewertet werden. Er wies darauf hin (S. 43), dass ein starres Schema die adäquate Zuordnung neuerer Entwicklungen verhindert und Einschätzungen der Spezialisten auch subjektiv sind, und stellte eine leichte Zunahme von Interdisziplinarität während der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts fest, wobei nicht deutlich wird, ob dieses Ergebnis statistisch signifikant ist (S. 34).

Ohne Klassifikationsschema ist es nicht möglich, Schlüsselwörter zur Messung der Interdisziplinarität heranzuziehen. Für Begriffe aus dem Titel, der Zusammenfassung oder dem ganzen Text sind solche Schemata i.A. nicht verfügbar; so wird verständlich, warum noch nicht versucht wurde, interdisziplinäre Forschung anhand solcher Begriffe zu indexieren. Es wurden lediglich für bestimmte Forschungsgebiete häufige Wortpaare identifiziert, um kognitive Karten der Gebiete zu erzeugen (s. z.B. Law *et al.* 1988).

Porter und Chubin (1985) benutzten die Daten zu den Referenzen von Journalen, wie sie vom Institute for Scientific Information (ISI; www.isinet.com) jährlich in den Journal Citation Reports publiziert werden, um den Grad an Interdisziplinarität einzelner Forschungsgebiete und

ihre gegenseitigen Zitationsströme zu erfassen. Die fachliche Einordnung der zitierten Journale in *subfields* erfolgt hier nach einem Schema, das vom ISI jetzt auch im Netz bereitgestellt wird.² Mit ebendieser Methode von Porter und Chubin (1985) wurden die Zitationsströme der Disziplinen und Forschungsfelder in der Forschung in den USA ermittelt und in den *Science & Engineering Indicators* publiziert (NSB 1998: 5-39; 2000: 645). Die Tabelle 1 zeigt den Anteil von Referenzen auf andere Disziplinen (*fields*) in den USA 1994-95 und 1997. Auch aus diesen Daten wird deutlich, dass Disziplinen sehr unterschiedlich interdisziplinär sind. Der leichte Aufwärtstrend bezüglich der Interdisziplinarität in einigen der Felder kann auch ein Artefakt sein, weil 1997 anscheinend auch Referenzen auf Artikel aus anderen Ländern gezählt wurden, 1994-95 nur die auf US-Artikel. Bei der Erhebung dieser Daten wurde ein Zitationsfenster von drei bzw. vier Jahren gewählt, d.h. nicht alle Referenzen, nur die auf die Jahre des Fensters, werden beachtet. Das erleichtert die Auswertung, aber so werden auch die Geschwindigkeiten interdisziplinären Wissensflusses verglichen, nicht nur seine Umfänge. Ein Aufwärtstrend kann also genauso gut bedeuten, dass die Ergebnisse fremder Gebiete jetzt rascher Eingang in die Forschung finden.

Tabelle 1: Anteil (in Prozent) von Referenzen in US-amerikanischen Publikationen 1994-95 und 1997 auf Zeitschriften anderer Disziplinen

Anm.: In den Publikationen von 1994-95 wurden nur Referenzen auf die Jahre 1990-93, in denen von 1997 auf die Jahre 1993-95 berücksichtigt. Bei ersteren wurden nur Referenzen auf US-amerikanischen Publikationen erfasst.

field	1994-95	1997
Biology	38	38
Engineering & technology	36	38
Chemistry	31	31
Clinical medicine	28	29
Biomedical research	23	25
Mathematics	21	23
Physics	17	18
Earth & space sciences	17	17

Quellen: NSB (1998: A-287), NSB (2000: A-412)

In den *Science & Engineering Indicators* sind auch Angaben über die fachliche Verteilung der Referenzen der einzelnen Teilgebiete (*subfields*) zu finden (NSB 1998: A-287; 2000: A-412). Van Leeuwen und Tijssen (2000) ermittelten analoge Daten, jedoch ohne Einschränkung auf die USA und ohne Einschränkung auf ein Zitationsfenster, d.h. sie bezogen alle Referenzen aller Artikel der ausgewählten Zeitschriften ein, nicht nur die auf bestimmte Jahre.³ Einen deutlichen Trend für den Durchschnitt aller *subfields* können van Leeuwen und Tijssen (2000: 185) für den Zeitraum 1985 bis 1995 nicht ausmachen.

Observers of the science system such as *Ziman* and *Gibbons et al.*
see research becoming more multidisciplinary,
collaborative, applied and accountable
and believe this signals the emergence of a new type of system.
To address issues raised by these analyses and to examine
the dynamics of research system evolution in a holistic fashion,
we need comprehensive, time-series data to examine
all of a nation's research institutions and their interactions,
across all field of research.
J.S. Katz & D.M. Hicks (1996: 133)

5. Fazit

5a. Zu den Ergebnissen

Die Tendenz zu mehr Kooperation in der Forschung ist auf allen Ebenen deutlich bibliometrisch sichtbar. Sie zeigt sich aber auch schon seit dem 19. Jahrhundert und ist also mit Expansion der Wissenschaft und Modus 1 durchaus verträglich. Im Modus 2 sollte sich verstärkte Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen und zwischen den Sektoren nationaler Wissenschaftssysteme zeigen. Beide Phänomene sind bibliometrischer Analyse zugänglich. Interdisziplinäre Zusammenarbeit wurde bisher jedoch mit bibliometrischen Methoden nur entweder auf eine Zeitschrift, auf eine Universität oder auf ein Jahr beschränkt untersucht (s. 4c, Abs. 2). Die Analyse der Zeitschrift (Qin 1994) überstreicht nahezu das ganze 20. Jahrhundert, der festgestellte Trend zu mehr interdisziplinärer Kooperation seit den 70er Jahren ist jedoch methodisch nicht gut abgesichert. Die Querschnittsuntersuchung einer Stichprobe aus dem SCI 1992 ergab, dass ein Drittel aller in der Welt publizierten Journalartikel in Zusammenarbeit von Instituten unterschiedlicher disziplinärer Ausrichtung entstanden ist (Qin *et al.* 1997). An der untersuchten Madrider Universität verdoppelte sich der Anteil der in Zusammenarbeit der Departements verfassten Artikel in den 90 Jahren auf fast 14% im Jahr 1996 (Bordons *et al.* 1999). Vergleiche zwischen dem Grad interdisziplinärer Kooperation von universitären und außeruniversitären Forschern konnte ich in der Literatur nicht finden.

Für die Interdisziplinarität der Forschung ist in den referierten Untersuchungen, die nicht auf Kooperationsindikatoren basieren, ebenfalls keine deutliche Tendenz festgestellt worden. Die Wissensproduktion wird jedoch in fast keinem Fall weniger interdisziplinär, nahezu überall ist eine leicht steigende Tendenz sichtbar. Die vorliegenden Zeitreihen sind mit maximal einer Dekade möglicherweise zu kurz, um signifikantere Ergebnisse erwarten zu können. Die Untersuchung australischer Universitäten (Bourke & Butler 1998) überstreicht als einzige zwei Jahrzehnte und konstatiert nur leichte und in den Disziplinen uneinheitliche Veränderungen. Die Universitäten sind aber vielleicht nicht der Ort, wo zuerst nach Anzeichen von Modus 2 gesucht werden sollte, wenn er tatsächlich neben dem herkömmlichen akademischen Modus 1 entstanden ist. Vergleichszahlen verschiedener Sektoren nationaler Wissenschaftssysteme wären aufschlussreich, liegen aber anscheinend nicht publiziert vor.

Wie für Modus 2 charakteristisch ist in einigen Ländern die Kooperation zwischen Industrie und Universität in den letzten zwei Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts sehr viel stärker geworden (s. 3b). Aber auch mit den anderen Sektoren der nationalen Wissenschaftssysteme arbeiten die Universitäten verstärkt zusammen, wie die Zahlen für Australien, Kanada und die USA belegen (Butler 2001, Godin & Gingras 2000, NSB 1998). Für Großbritannien ist ebenfalls eine verstärkte Kooperation von Forschern verschiedener Sektoren ausgewiesen (Katz & Hicks 1996).

Der Anteil der Universitäten am Forschungsoutput nationaler Wissenschaftssysteme gemessen an Zahlen von Aufsätzen in Zeitschriften, die im SCI erfasst sind, zeigt in keinem Land, für das solche Daten vorliegen, in den letzten Jahrzehnten eine abnehmende Tendenz. Wenn Wissen verstärkt im Modus 2, d.h. anwendungsnah und sozial verteilt, und weniger im traditionellen akademischen Modus 1 produziert wird, dann führte das bisher nicht zu einer abnehmenden Präsenz der Universitäten in den genannten Zeitschriften. Im SCI sind allerdings die internationalen Kernzeitschriften erfasst, welche eher Ergebnisse der Grundlagen- als der Anwendungsforschung veröffentlichen, also gerade der Forschung die weltweit vor allem an Universitäten durchgeführt wird. Besonders in den USA wird von einigen großen Forschungsuniversitäten auch weiterhin Spitzenforschung betrieben, ablesbar an der Zahl der Zitierungen (s. 2c) und der Anwesenheit ihrer Vertreter in Gruppen einflussreicher Forscher in einzelnen Fachgebieten (s. 2e).

Die Anwendungsnähe der Forschung ist für Wissenschaft im Modus 2 genauso charakteristisch wie für ihre stationäre Phase. Sie zeigt sich bibliometrisch vor allem in der deutlich zunehmenden Zahl von Bezugnahmen auf wissenschaftliche Literatur in Patentschriften (s. 2e). Allerdings ist diese Zunahme nicht nur auf eine größere Zahl auf Anwendung zielender Forschungsprojekte zurückzuführen, sondern sicher auch darauf, dass neue Technik immer stärker wissenschaftliches Wissen benötigt (s. Motto zu Abschnitt 1). Aus der Patentstatistik ist auch eine zunehmende Tendenz universitärer Forscher zu entnehmen, die mögliche wirtschaftliche Verwertung ihrer Ergebnisse durch Patente schützen zu lassen. Es gibt Hinweise darauf, dass das Patentieren von Forschungsergebnissen in den USA schon zum Zurückhalten oder Verzögern ihrer Publikation in wissenschaftlichen Zeitschriften geführt hat (NSB 2002: 5-41).

Die vorliegenden Ergebnisse bibliometrischer Analysen zu Auswirkungen des Umbruchs in der Wissenschaft, sind insgesamt – wie auch schon bei Hicks und Katz (1996: 402-4) – nicht so eindrucksvoll, wie die Schilderungen von Ziman und von Gibbons und Mitarbeitern, wenn auch in einigen Fällen deutliche Trends festzustellen sind. Einerseits sind längere Zeitreihen für einige Analysen von Nöten, andererseits müssten einige vielversprechenden Analysemethoden noch gezielter angewendet werden, um Ergebnisse größerer Aussagekraft zu erhalten. Bezüglich des Schicksals und der Rolle der Universität im Umbruchprozess ist die bibliometrische Datendichte noch gering.

5b. Möglichkeiten weiterer Forschung

Sylvan Katz und Diana Hicks beginnen ihren Aufsatz "A Systemic View of British Science" (1996) mit den oben als Motto zitierten Sätzen. Anschließend bemerken sie, dass umfassende bibliometrische Daten über ein nationales Wissenschaftssystem, die es erlauben, alle Forschungsinstitutionen in allen Forschungsfeldern, ihre gegenseitigen Beziehungen und die zeitliche Entwicklung darzustellen, mit Hilfe der bibliographischen Zitationsdatenbanken des ISI gewonnen werden können, wenn man sich der mühsamen Aufgabe unterzieht, alle institutionellen Adressen der Autoren zu identifizieren und entsprechend der jeweiligen Sektoren des Wissenschaftssystems zu klassifizieren. Für Großbritannien, Australien, Kanada, Spanien, die USA und einige andere Länder wurde diese Aufgabe in unterschiedlichem Ausmaß in Angriff genommen. Am reichhaltigsten sind in dieser Hinsicht die Daten in den *Science & Engineering Indicators*, die alle zwei Jahre vom National Science Board der National Science Foundation der USA herausgegeben werden und auch umfangreiche Angaben zum Input in das Wissenschaftssystem der USA enthalten (NSB 1998, 2000, 2002). Die Bemühungen, die die

Europäische Union in dieser Richtung unternimmt (EC 2000) haben noch nicht dieses Niveau erreicht, von Deutschland ganz zu schweigen.

Als Hemmnis auf dem Weg zu umfassenden nationalen 'systemischen' Output-Indikatoren scheint sich das Monopol des kommerziell arbeitenden ISI auszuwirken. Es versucht zunehmend, mit seinen Citation Indices nicht nur bibliographische Datenbanken zum Auffinden von Literatur zu verkaufen, sondern auch deren bibliometrische Auswertung als Dienstleistung anzubieten. Gerade die Klassifizierung der Adressen in Sektoren und natürlich die fachgerechte Interpretation der Daten sollte aber entsprechend den Bedürfnissen nationaler Wissenschaftsministerien in den Ländern gemacht werden und nicht in den USA. Neben der Gewinnung systemischer Daten auf der Makroebene des Wissenschaftssystems eines Landes ist es auch möglich und nützlich, an die vorliegenden bibliometrischen Einzeluntersuchungen zum Umbruch in der Wissenschaft anzuschließen und sie zeitlich, örtlich, methodisch und thematisch auszuweiten. Im folgenden sind einige solche Anschlussmöglichkeiten kurz beschrieben. Die Auswirkungen des Umbruchs auf die Universitäten stehen dabei im Vordergrund.

Die Schlussfolgerung von Plerou *et al.* (1999, s. 2g) aus ihrer Analyse der Wachstumsdynamik britischer und nordamerikanischer Universitäten, dass sie sich bei der Einwerbung von Forschungsgeldern schon seit längerem wie Unternehmen oder Holdings der Forschungsteams verhalten, provoziert die Überprüfung ihres für die Bibliometrie neuartigen Herangehens anhand von Daten aus Wissenschaftssystemen, wo Forschungsgelder nicht über fachspezifische Märkte erlangt (Ziman 1994: 125), sondern administrativ verteilt werden. Bibliometrische Daten zum Forschungsoutput der Universitäten, wie sie in dieser Analyse verwendet wurden, können auch zum Nachweis des Differenzierungsprozesses der Einrichtungen für die höhere Bildung in Forschungsuniversitäten und Hochschulen, in denen Forschung nicht im Mittelpunkt steht, benutzt werden. Solch eine Differenzierung entspricht den Bedingungen von Wissenschaft im *steady state* und wurde für Europa und insbesondere für Großbritannien bereits bibliometrisch nachgewiesen (Geuna 1999: 63-107).

Folge des *steady state* in kompetitiven Forschungszweigen ist die Konzentration der Kräfte in großen Forschergruppen (Ziman 1994: 163). Eigene Untersuchungen zeigten ein Anwachsen der Autorenzahl bei deutschen biowissenschaftlichen Journalartikeln mit nur einer Adresse in den 80er und 90er Jahren (Havemann 2000: 441). Das kann als Zeichen für einen Trend hin zu größeren Gruppen in diesem Fachgebiet gewertet werden. Ein vielversprechender Zugang zur Untersuchung der Forschergruppen scheint mir, die produktivsten in Deutschland tätigen Forscher eines Fachgebiets bibliometrisch ausfindig zu machen, über ein Analyse der Koautorschaften ihre Gruppen zu identifizieren und zeitlich deren Entwicklung nach zu verfolgen. Auch hier kann Aufschluss über Entwicklungen inner- und außerhalb der Universitäten erlangt werden. Von Interesse wäre auch eine Abschätzung des Anteils am Output der Gruppen, der aus der Forschung für Dissertationen entspringt (s. 2f). Der temporäre Charakter von Teams im Modus 2 kann bei einer solchen Analyse von produktiven Gruppen ebenfalls empirisch untersucht werden. Waren vor 20 Jahren Gruppen stabiler als heute? Es wäre auch möglich und lohnend, zu prüfen, ob sich eine stärkere Orientierung an der Anwendbarkeit der Forschungsergebnisse bei den Spitzenforschern herausgebildet hat (s. 2d).

Ist wirklich universitäre Forschung noch dem Modus 1 verhaftet und damit weniger interdisziplinär als außeruniversitäre? Auch dieser Frage kann man anhand eines bibliometrischen Datenmassivs der produktivsten Gruppen eines Fachgebiets nachgehen, indem die fachliche Ausrichtung der Referenzen ausgewertet wird (s. 4b). Der Ansatz von Qin (1994), eine Zeitschrift über einen längeren Zeitraum bezüglich der Interdisziplinarität auszuwerten, verspricht ebenfalls interessante Ergebnisse und sollte methodisch verbessert (mehr Daten) und

erweitert (durch die Analyse auch der Referenzen, nicht nur der Adressen) weiter verfolgt werden (s. 4c).

Insgesamt sind viele bibliometrische Arbeiten, die Bezug auf die Idee eines Umbruchs in der Wissenschaft und insbesondere auf Modus 2 nehmen, in den letzten Jahren erschienen. Es sind dennoch große weiße Flecken auf der Landkarte des Forschungsfeldes auszumachen, die ihrer Erforschung harren. Lassen wir uns dazu provozieren, sind doch die Daten in den großen Datenbanken vorhanden und müssen lediglich fachgerecht aggregiert werden.

Anmerkungen

(In eckigen Klammern sind Teilabschnitt und Absatz angegeben, wo sich die Textstelle befindet, auf die sich die Anmerkung bezieht.)

Anmerkungen zu Abschnitt 1

1. Im vorliegenden Text verfare ich der Kürze wegen so, dass Mehrzahlformen männlicher Berufs- oder ähnlicher Bezeichnungen weibliche Vertreter einschließen; weibliche Plurale sind dagegen exklusiv. [1b Abs. 3]
2. Mit dem Ende der Systemauseinandersetzung sind Prestigeobjekte der Grundlagenforschung gefährdet: Der in Texas geplante Superconducting Supercollider – ein riesiger Teilchenbeschleuniger – wurde nicht gebaut. Auch das ist ein verschärfendes Moment im Übergang zum *steady state*. [1b Abs. 4]
3. Tatsächlich wurde die Erhöhung des Durchschnittalters der US-Wissenschaftler (s. NSB 2000: 6-24 ff.) als eine mögliche Ursache für den Rückgang der Zahl der von ihnen publizierten Artikel erwogen (NSB 2002: 5-41, s.a. 2b). [1b Abs. 7]
4. Das ist offenbar auch die Intention der letzten Dienstrechtsreform durch die Novellierung des HRG, die u.a. verhindern soll, dass sich die Verlierer im Wettbewerb um eine permanente Stelle bis zur Rente von Projekt zu Projekt hangeln. Projektstellen sollen den jungen Leuten vorbehalten bleiben. [1b Abs. 7]
5. Aldo Geuna (1999) hat mit seinem Buch *The Economics of Knowledge Production* eine Analyse der Entwicklung der europäischen und insbesondere der britischen Universitäten in der Nachkriegszeit vorgelegt, die auch auf bibliometrischen Daten basiert. Er beschreibt den Übergang zur Steuerung der Wissenschaft über Marktmechanismen folgendermaßen (S. 5): "From the early 1980s onwards a transition from the post-Second World War rationale for scientific funding to what can be referred to as the 'competitive approach' to university research behaviour and funding took place. As pointed above, governments have put increasing pressures on universities to focus their research on national economic priorities. Moreover, funding of science has shifted from a period of continuous budgetary expansion to one of constant or shrinking budgets. Policies aimed at concentration and selectivity of research funds, and more generally, at a higher level of accountability and cost reduction have been implemented. What lies behind such resource allocation policies is the assumption that it is possible to implement an *ex-post* evaluation of university performance via market forces or simulated market actions. In this framework consumers, such as students, governments or other organisations, buy the services supplied by universities giving in this way a direct evaluation of their output. In Europe the UK system based on *ex-post* institutional accountability for performance quality is a clear example of the new market steering approach." [1b Abs. 8]
6. "The National Citation Report is an electronic database of a nation's journal articles in the sciences, social sciences, and humanities, indexed by ISI® during 1981-2001. The dataset contains all standard bibliographic information for each paper indexed plus year by year and total citation counts for each paper. There is a linked file of expected citation rates for each paper, based on the journal title, publication year and document type (article, review, editorial, etc.). Optional files of all Citing and/or Cited Papers may be ordered; these contain the same type of bibliographic data as the source papers. These data are generated from ISI's mainframe computer from a file not available to the public. *Key Advantages & Capabilities:* With this type of database — detailed bibliographic and citation data on every paper — the data can be searched, grouped, summarized, and ranked using any data elements, such as author names (all author names), institution, discipline, year, citation count, collaborating institutions or nations, etc. These data, in

this database structure, allow virtually any type of analysis of output of papers and influence in terms of citations or citations per paper. Data for each paper include: all author names, regardless of order of position; addresses with separate data elements for institutional name, department, section, lab, city, state, province, country; article title; journal title, including volume, beginning page number, year; document type; category; and of course, annual and total citation counts."

Quelle: www.isinet.com, 4.5.2002. [1c Abs. 5]

Anmerkungen zu Abschnitt 2

1. So ist auch der vom ISI jährlich für alle indexierten Journale berechnete *impact factor* als mittlere Zahl von Zitierungen pro Artikel wenig aussagekräftig. Dass er dennoch von Interesse ist, liegt daran, dass auch die Zeitschriften als Ganzes sehr unterschiedlich zitiert werden, nicht nur die Artikel in ihnen. Kleinere Differenzen zwischen Impaktfaktoren muss man wegen der großen Varianz und Schiefe der Verteilung der Zitierungen auf die Artikel einer Zeitschrift ignorieren. [2a Abs. 3]
2. Alle hier referierten Werte sind Schätzungen aufgrund nicht unbedingt sehr treffgenauer eigener Recherchen im SCI. Dabei wurde nach deutschen Artikeln gesucht, die in mindestens einer (deutschen) Adresse die Abkürzung UNIV enthielten. Nötig wäre eine Klassifizierung aller angegebenen Institutsadressen. [2b Abs. 2]
3. Bei der Diskussion der möglichen Ursachen schließen die Autoren weitgehend aus, dass aus der Unvollständigkeit der verwendeten Datenbasis die beobachtete Tendenzumkehr erklärt werden könnte, außer dass das sich stürmisch entwickelnde elektronische Publizieren nicht adäquat erfasst sein könnte. Nicht unwichtig für die Erklärung ist sicher, dass jetzt mehr Autoren aus anderen, insbesondere nicht englischsprachigen Ländern in SCI/SSCI-Journalen publizieren. Auch ein Zusammenhang mit der Erhöhung des Durchschnittsalters der Forscher, wie sie Ziman (1994: 167-70) als charakteristisch für den Übergang zum *steady state* ansieht (s. Abschnitt 1b), wird nicht ausgeschlossen. Einiges deutet darauf hin, dass die Kommerzialisierung der Wissenschaft die Forscher ihre Ergebnisse zurückhalten lässt (vgl. Ziman 1994: 40) und dass sie jetzt mehr Zeit für die Patentierung ihrer Ergebnisse verwenden, die ihnen für die Publikation in Journalen fehlt (s. 2d). Diskutiert wird nicht zuletzt ein Zusammenhang mit den US-Wissenschaftsausgaben, die aber nicht nur im dominierenden Universitätssektor gestiegen sind (NSB 2002: ch. 5 pp. 39-41). [2b Abs. 4]
4. Wobei die britischen Daten zeigen, dass klinisch-medizinischer und industrieller Sektor schneller wachsen als der universitäre, dessen Wachstum auch allein durch mehr Kooperation bedingt sein kann (Hicks & Katz 1996: 385). [2b Abs. 5]
5. Allerdings gab es zwischen 1969 und 1985 beachtliche Verschiebungen: die Geistes- und Sozialwissenschaften verbrauchten 1969 nur 8% des universitären Forschungsetats, 1985 schon 22%, während außeruniversitär die naturwissenschaftliche Forschung ihren Finanzierungsanteil vergrößern konnte. Innerhalb der Hochschulen wuchsen die Ausgaben für die Lehre überproportional von 50% im Jahre 1962 auf 70% 1987 (MPG 1990: 25-27). In diese Zeit fällt die "Öffnung der Universitäten", d.h. die politische Entscheidung den steigenden Bedarf an Studienplätzen nicht durch Zugangsbeschränkungen zu regeln, aber auch nicht (in Hoffnung auf wieder weniger geburtenstarke Jahrgänge) die Kapazitäten der Hochschulen wesentlich zu erhöhen (Schimank 1995: 69, Schädler 1999: 3-4). [2b Abs. 6]
6. Beide Anteile wurden mit der als *normal counting* bezeichneten Zählweise gewonnen (s.o.); sie enthalten auch voll Arbeiten, die in internationaler und intersektoraler Kooperation verfasst worden sind. Als hochzitiert gilt hier ein Artikel, dessen Zitationszahl von 1980 bis 1989 mehr als zehnmals so groß ist, wie die durchschnittliche Rate des jeweiligen Journals und der auch mindestens zehnmals zitiert wurde (Glänzel & Czerwon 1992). [2c Abs. 1]
7. US-Aufsätze in Zeitschriften dieser beiden Disziplinen (aus den Jahren 1973-84) wurden 1987 4.600-mal in US-Patentschriften zitiert (was damals schon mehr als die Hälfte von Zitierungen aller Fachgebiete war). Im Jahr 1998 bekamen beide Disziplinen zusammen fast 90.000 Zitierungen (auf Artikel im Zitationsfenster 1984-95) und steigerten ihren Anteil damit auf 83% (NSB 2000: 6-55). [2d Abs. 1]
8. Zitationsfenster wie in voriger Anmerkung angegeben. [2d Abs. 2]
9. Für den deutschen Hochschulsektor liegt nur eine Schätzung vor, die auf den Netzseiten des BMBF zu lesen war: "Der Anteil der Patentanmeldungen aus Hochschulen (Eigenanmeldungen der Professoren und Anmeldungen der Wirtschaft aufgrund von Drittmittelverträgen) an den deutschen Patentanmeldungen wird auf etwas über 4% geschätzt – d.h. alle Hochschulen in D[Deutschland] erbringen bei weitem nicht so viele Anmeldungen wie z.B. die SIEMENS AG allein. Das entspricht – bei aller Wertschätzung für SIEMENS – nicht dem Leistungspotenzial der Hochschullandschaft." Quelle: <http://www.bmbf.de/4100.html> (12. 4. 2002) [2d Abs. 2]
10. Auch die deutsche Patentgesetzgebung wurde kürzlich in dieser Richtung novelliert. Das BMBF stellte dazu folgenden Text ins Netz: "Reform des Hochschullehrerprivilegs: Das vom Bundestag am 30. November 2001 verabschiedete Gesetz zur Änderung des Arbeitnehmererfindungsgesetzes ist am 7. Februar 2002 in Kraft getreten. Damit haben sich die rechtlichen Rahmenbedingungen für Erfindungen an Hochschulen (niedergelegt im § 42 des Arbeitnehmererfindungsgesetzes - ArbNErfG -) in

grundlegender Weise geändert. Jetzt ist der Weg frei gemacht für ein aktives Patent- und Verwertungswesen im Hochschulforschungsbereich."

Quelle: <http://www.bmbf.de/4061.html> (12. 4. 2002). [2d Abs. 2]

11. Obwohl bei steigenden Studentenzahlen die Zahl westdeutscher Professoren in den 70er und 80er Jahren konstant blieb, konnten sie ihren Forschungsanteil bei durchschnittlich 28% ihrer Arbeitszeit halten (Schimank 1995a, b). [2e Abs. 1]
12. "Each of them has received over 6500 citations to articles they published between the years 1981 and 1999 in 'Molecular Biology & Genetics' journals." (McVeigh 2001b) [2e Abs. 3]
13. Und zwar der Micromet AG, Martinsried/Planegg (*Design and development of drugs, based on human antibodies and novel derivatives thereof*). Es handelt sich um Patrick A. Bäuerle, der jedoch einen Teil seiner hochzitierten Arbeiten an der Universität Freiburg verfasst hat, bevor er 1996 Mitarbeiter einer Firma in den USA wurde. Seit 1998 bei Micromet, ist er seit 2000 auch Professor für Immunologie an der Universität München. Dies Beispiel macht deutlich, dass gerade die produktivsten Forscher nicht eindeutig einem Sektor zugeordnet werden können. Angaben am 6.5.2002 entnommen:
http://www.micromet.de/investorrelations/fakten_en.html
<http://www.discovery-summit.com/html/speakers.htm> [2e Abs. 3]
14. Eine eigene Recherche im Web of Science (WoS), dem Zugang zu den ISI-Datenbanken über das Internet, für den Autor aus der vorigen Anmerkung ergab fast 100 Eintragungen (1993 bis 6. 5. 2002). Die Liste wird angeführt durch einen Übersichtsartikel (mit einem Koautor) von 1994, der seitdem fast 1900 mal zitiert wurde, danach kommt ein Editorial von 1996 (mit einem US-Koautor, der auch auf der ISI-Liste der einflussreichsten Molekularbiologen steht) mit gut der Hälfte der Zitierungen des Spitzenreiters. Als dritter folgt ein Artikel von 1995 in Nature (mit 10 Autoren aus Deutschland und Belgien), der wiederum nur gut die Hälfte der Zitationszahl des Zweitplazierten erreicht. Die ISI-Liste (die keine Rangfolge vermerkt) enthält sicher wichtige Autoren des genannten Gebietes, die genannten Zahlen zeigen aber, dass das willkürliche Kriterium von 6500 Zitationen keinesfalls scharf zwischen den wichtigsten und den weniger wichtigen trennen kann (zur Methode s. Nederhof 1985). [2e Abs. 4]
15. Vgl. dazu http://www.educat.hu-berlin.de/diss_online/biblio.html#ub. [2f Abs. 2]

Anmerkungen zu Abschnitt 3

1. In der Biomedizin, z.B., scheinen Autorschaften für unterstützende Kooperationen freigiebiger vergeben zu werden als in der Physik (Newman 2001: 7). [3a Abs. 3]
2. "A large research group working in a narrow problem area is in position to pick up bright ideas from other groups, and exploit their breakthroughs before they can do themselves." (Ziman 1994: 65) [3b Abs. 3]

Anmerkungen zu Abschnitt 4

1. Das Ergebnis verliert weiter an Gewicht, wenn man einrechnet, dass die Royal Society als Herausgeberin dieser ältesten wissenschaftlichen Zeitschrift der Welt Interdisziplinarität bewußt fördert, indem sie Beiträge zu interdisziplinären Themenfeldern einlädt (Qin 1994: 236). [4c Abs. 2]
2. Bourke und Butler (1997: 713), s.o., benutzen eine von ihnen und von Katz und Hicks (1995) weiterentwickelte Variante dieses Schemas. [4c Abs. 6]
3. Die These, dass neues Wissen anderer Fachgemeinschaften später wahrgenommen wird, als das der eigenen, bestätigt sich beim Vergleich der *subfield*-Daten mit und ohne Zitationsfenster: Die US-Daten für die Anteile fachfremder Referenzen liegen i.a. unter den von van Leeuwen und Tijssen (2000: 185) ermittelten, es gibt aber Disziplinen, wo diese These nicht gilt (Rinia *et al.* 2001). [4c Abs. 7]

Referenzen

M.G. Ash, Hrg. (1999): Mythos Humboldt. Vergangenheit und Zukunft der deutschen Universitäten. Wien, Köln, Weimar: böhlau

BMBF (2002): Faktenbericht Forschung 2002, Hrg. BMBF Ref. Öffentlichkeitsarbeit Bonn, 632 Seiten.
Quelle (15. 4. 2002): http://www.bmbf.de/pub/faktenbericht_forschung_2002.pdf

M. Bordons, M.A. Zulueta, A. Cabrero, S. Barrigon (1995): Identifying Research Teams with Bibliometric Tools. – In: M. Koenig, A. Bookstein, Proceedings of the Fifth Biennial Conference of the International Society for Scientometrics and Infometrics, Rosary College, USA, S. 83 – 92.

- M. Bordons und M.A. Zulueta (1997): Comparison of research team activity in two biomedical fields. – In: *Scientometrics* 40(3): 423–436.
- M. Bordons, M.A. Zulueta, F. Romero, S. Barrigon (1999): Measuring Interdisciplinary Collaboration Within a University – The Effects of the Multidisciplinary Research-Program. – In: *Scientometrics*, V46, P383–398.
- P. Bourke, L. Butler (1998): Institutions and the map of science: matching university departments and fields of research. – In: *Research Policy* 26 (6) S. 711–718.
- S.C. Bradford (1934): Sources of information on specific subjects. – In: *Engineering*, 137, 85-86.
- L.H. Breimer & D.D. Breimer (1996): The CED Le DEC: Common European doctorate, or doctorate European commune or dissertations on the Internet. – In: *Scientometrics* 35 (3): 347-353.
- L.H. Breimer (1996a): Authorship on and usage of published papers in current Swedish biomedical theses. – In: *Scientometrics* 36 (2): 255-258.
- L.H. Breimer (1996b): Age, sex and standards of current doctoral theses by Swedish medical graduates. – In: *Scientometrics* 37 (1): 171-176.
- L. Butler (2001): *Monitoring Australia's Scientific Research*. Australian Academy of Science, Canberra. 173 S. Zitiert nach <http://www.science.org.au/butler> am 30. 4. 2002.
- F. Da Pozzo & M. v. Ins (1999): *Wissenschaft und Innovation / Konzepte, bibliometrische Indikatoren und das Forschungsprofil der Schweiz*. – *Forschungspolitik* (Bern) 55, 55 Seiten.
- R. Defila & A. Di Gulio (1999): Interdisziplinarität als Herausforderung an die Lehre. – In: *Umstätter & Wessel* (1999: 108–118).
- EC (European Commission)(2000): *Towards a European Research Area – Science, Technology and Innovation – Key Figures 2000*. Luxembourg: Office for Publications of the European Communities, 86 S. ISBN 92-828-9755-9.
- A. Geuna (1999): *The Economics of Knowledge Production. Funding and the Structure of University Research*. – Elgar, Cheltenham, 205 S.
- M. Gibbons, C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott und M. Trow (1994): *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research*. – London: Sage.
- W. Glänzel & H.-J. Czerwon (1992): What are highly cited publications? A method applied to German scientific papers, 1980 – 1989. – In: *Research Evaluation* (Guildford), 2, S. 135 – 141.
- B. Godin & Y. Gingras (2000): The place of universities in the system of knowledge production. – In: *Research Policy* (Elsevier) 29, S. 273 – 278.
- B. Godin & Y. Gingras (2000a): Impact of collaborative research on academic science. – In: *Science and Public Policy*, 27(1), 65-73.
- H. Grupp, H. Leger, B. Breitschopf (2002): *Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2001. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. Hrg. BMBF Ref. Öffentlichkeitsarbeit Bonn, 248 Seiten.
Quelle (15. 4. 2002): http://www.bmbf.de/pub/tlf_2001.pdf
- F. Havemann: Collaboration Behaviour of Berlin Life Science Researchers in the Last Two Decades of the Twentieth Century as reflected in the Science Citation Index – In: *Scientometrics* 52 (3) 2001: 435 - 443.
Text: <http://141.20.126.8/~fhavem/Publik/HAVSciento2001.pdf>
- F. Havemann (2002): Bibliometrische Analyse von Kooperation und Produktivität biomedizinischer Forscher im Jahrfünft 1980-84 und vierzehn Jahre später. – In: *Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der*

Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000. Hrsg. v. K. Fuchs-Kittowski, H. Parthey, W. Umstätter u. R. Wagner-Döbler, Berlin: GeWiF, S. 121-132.
Im Netz verfügbar unter: http://www.wissenschaftsforschung.de/JB00_121-132.pdf

F. Havemann, R. Wagner-Döbler, H. Kretschmer (Edit.) (2001): Proceedings of the Second Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics: Collaboration in Science and in Technology, September 1 – 3, 2000 at Free University Berlin, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung (GeWiF), Berlin, 233 P.
s. <http://www.collnet.de/workshop/Berlin2000.pdf>

D.M. Hicks & J.S. Katz (1996): Where Is Science Going? – In: Science, Technology, & Human Values, 21 (4), pp. 379 – 406.

D. Hicks & J.S. Katz (1996a): Science policy for a highly collaborative science system. – In: Science and Public Policy, 231, S. 39 - 44.

D.M. Hicks & J.S. Katz (1997): The Changing Shape of British Industrial Research, STEEP Special Report No. 6, Brighton, UK: Science Policy Research Unit.

H.-W. Hohn & U. Schimank(1990): Konflikte und Gleichgewichte im Forschungssystem – Akteurkonstellationen und Entwicklungspfade in der staatlich finanzierten außeruniversitären Forschung. Campus Verlag, Frankfurt (Schriften des Max-Planck-Instituts für Gesellschaftsforschung Köln, Bd. 7).

E. Jantsch (1972): Towards Interdisciplinarity and Transdisciplinarity in Education and Innovation. – In: L. Apostel, G. Berger, A. Briggs, G. Michaud (Ed.), Interdisciplinarity – Problems of Teaching and Research in Universities. OECD Publications, Paris, S. 97 – 120.

J.S. Katz & D. Hicks (1995): The Classification of Interdisciplinary Journals: A New Approach. – In: M. Koenig, A. Bookstein, Proceedings of the Fifth Biennial Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, Rosary College, USA, S. 245 – 254.

J.S. Katz & D. Hicks (1996): A systemic view of British science. – In: Scientometrics 35 (1), S. 133 – 154.

M. Kölbel (2002): Das Wachstum der Wissenschaft in Deutschland 1650-2000. – In: Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001. Hrsg. v. Heinrich Parthey und Günter Spur. Berlin: GeWiF, S.113 - 128.
Zitiert nach: http://www.wissenschaftsforschung.de/JB01_113-128.pdf.

W. Krohn & G. Küppers (1989): Die Selbstorganisation der Wissenschaft. Frankfurt/M.: Suhrkamp (stw 776).

G. Laudel (1999): Interdisziplinäre Forschungsk Kooperation: Erfolgsbedingungen der Institution 'Sonderforschungsbereich'. Berlin: Edition Sigma.

J. Law, S. Bauin, J.P. Courtial, J. Whittaker (1988): Policy and the Mapping of Scientific Change – A Co-Word Analysis of Research into Environmental Acidification. – In: Scientometrics, Vol 14, Iss 3-4, pp 251-264.

A.J. Lotka (1926): The frequency distribution of scientific productivity. – In: Journal of the Washington Academy of Sciences 16, S. 317 - 323.

V. Mangematin (2000): PhD job market: professional trajectories and incentives during the PhD. – In: Research Policy 29, pp. 741–756.

M.E. McVeigh (2001a): How does ISI identify Highly Cited Researchers?
Quelle: http://isihighlycited.com/isi_copy/Comm_news08.htm
Entnommen 21. 5. 2002: www.isinet.comm/Products/ISIHIGHLYCITED.COM

M.E. McVeigh (2001b): Highly Cited Researchers Announced in Molecular Biology & Genetics
Quelle: http://www.isihighlycited.com/isi_copy/Comm_news05.htm
Entnommen 21. 5. 2002: www.isinet.comm/Products/ISIHIGHLYCITED.COM

- F. Morillo, M. Bordons, I. Gómez (2001): An approach to interdisciplinarity through bibliometric indicators. – In: *Scientometrics*, Vol. 51, No. 1, 203–222.
- MPG (1990): Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung. – Max-Planck-Gesellschaft Berichte und Mitteilungen, Heft 5, 1990, 50 Seiten.
- A.J. Nederhof (1985): Evaluating research output through life work citation counts. – In: *Scientometrics*, Vol. 7, No. 1-2, 23–28.
- M.E.J. Newman (2001): Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. – In: *Phys. Rev.* 64 (1) 016131, 8 p.
- NSB (1998) (National Science Board): Science & Engineering Indicators 1998. Arlington, VA: National Science Foundation.
Zitiert nach der PDF-Version, entnommen <http://www.nsf.gov/sbe/srs/seind98> am 24. 4. 2002.
- NSB (2000)(National Science Board): Science & Engineering Indicators – 2000. Arlington, VA: National Science Foundation.
Zitiert nach der PDF-Version vom 13. April 2000, entnommen <http://www.nsf.gov/sbe/srs/seind00> am 30.8.2000.
- NSB (2002) (National Science Board): Science & Engineering Indicators – 2002. Arlington, VA: National Science Foundation. Zitiert nach der PDF-Version, entnommen im Mai 2002 aus <http://www.nsf.gov/sbe/srs/seind02/start.htm>
- Y. Okubo & C. Sjöberg (2000): The changing pattern of industrial scientific research collaboration in Sweden. – *Research Policy* 29, 81-98.
- H. Parthey (1983): Forschungssituation interdisziplinärer Arbeit in Forschergruppen. – In: *Interdisziplinarität in der Forschung. Analysen und Fallstudien.* Hrsg. v. H. Parthey u. K. Schreiber. Berlin: Akademie-Verlag. S. 13 – 46.
- H. Parthey (1998): Wissenschaft und Innovation. – In: *Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97.* Hrsg. von Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Marburg BdWi. S. 9 – 32.
- H. Parthey (1999): Persönliche Interdisziplinarität bei Wissenschaftlern. – In: *Umstätter & Wessel (1999): 243–255).*
- H. Parthey (2002): persönliche Mitteilung.
- V. Plerou, L.A.N. Amaral, P. Gopikrishnan, M. Meyer, & H.E. Stanley (1999): Similarities between growth dynamics of university research and of competitive economic dynamics. – In: *Nature* 400, 433-37.
- A.L. Porter & D.E. Chubin (1985): An indicator of cross-disciplinary research. – In: *Scientometrics* 8, S. 161 – 176.
- D.J. de S. Price (1963): *Little Science - Big Science.* New York: Columbia University Press; zitiert nach dt. Übersetzung: *Little Science, Big Science - Von der Studierstube zur Großforschung.* Frankfurt am Main: Suhrkamp 1974.
- J. Qin (1994): An Investigation of Research Collaboration in the Sciences Through the Philosophical-Transactions 1901-1991. – In: *Scientometrics*, V29, 219-238.
- J. Qin, F.W. Lancaster, B. Allen (1997): Types and Levels of Collaboration in Interdisciplinary Research in the Sciences. – In: *J. Amer. Soc. Inf. Sci.* 48(10): p. 893 – 916.
- N. Rescher (1978): *Scientific Progress.* Zitiert nach: *Wissenschaftlicher Fortschritt – Eine Studie über die Ökonomie der Forschung.* Berlin 1982.
- E.J. Rinia, T.N. Van Leeuwen, E.E.W. Bruins, H.G. Van Vuren, A.F.J. Van Raan (2001): Citation delay in interdisciplinary knowledge exchange. – In: *Scientometrics*, Vol. 51, No. 1, 293–309.

- U. Schädler (1999): Das Innovationspotential der Hochschulen. Peter Lang, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt etc., 256 S.
- U. Schimank (1995a): Hochschulforschung im Schatten der Lehre. Campus Verlag, Frankfurt (Schriften des Max-Planck-Instituts für Gesellschaftsforschung Köln, Bd. 20).
- U. Schimank (1995b): Haben Professoren weniger Zeit für die Forschung? – In: *Forschung & Lehre* 12, S. 687-688.
- P.O. Seglen & D.W. Aksnes (2000): Scientific productivity and group size: A bibliometric analysis of Norwegian microbiological research. *Scientometrics* 49: 125 – 143.
- H.A. Staab (1986): Kontinuität und Wandel einer Wissenschaftsorganisation: 75 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft. – In: *MPG-Jahrbuch 1986*, Hg. Max-Planck-Gesellschaft, S. 15 - 36, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- R. Stichweh (1994): *Wissenschaft, Universität, Professionen: soziologische Analysen*. Frankfurt/M.: Suhrkamp (stw 1146)
- R.J.W. Tijssen (1992): A Quantitative Assessment of Interdisciplinary Structures in Science and Technology – Co-Classification Analysis of Energy Research. – In: *Research Policy*, Vol 21, Iss 1, pp 27-44.
- T. van Leeuwen & R. Tijssen (2000): Interdisciplinary dynamics of modern science: analysis of cross-disciplinary citation flows. – In: *Res. Evaluation* 9 (3): 183–187.
- B. vom Brocke (1990): Vorgeschichte, Gründung und Entwicklung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften – Der Anteil Friedrich Althoffs. – In: *Friedrich Althoff, 1839 – 1908. Beiträge zum 58. Berliner Wissenschaftshistorischen Kolloquium*, 6. 6. 1989 (Hrg.: J. Richter), S. 129 – 163, Berlin: AdW der DDR, ITW.
- W. Umstätter & K.-F. Wessel (1999) (Hrsg.): *Interdisziplinarität – Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler*. Festschrift zum 60. Geburtstag von Heinrich Parthey. Kleine Verlag, Bielefeld.
- R. Wagner-Döbler (1998): Kognitive Mobilität. Eine makroskopische Untersuchung der Wanderung von Wissenschaftlern zwischen Forschungsgebieten am Beispiel der Mathematik. – In: *J. Gen. Phil. Science* 29: 265-287.
- P. Weingart (1999): Neue Formen der Wissensproduktion: Fakt, Fiktion und Mode. – In: *TA-Datenbank-Nachrichten*, Nr. 3/4, 8. Jg., Dezember 1999
- J. Ziman (1994): *Prometheus Bound – Science in a dynamic steady state*. – Cambridge Univ. Press.

Verwendete Abkürzungen

A&HI	Arts & Humanities Index
AdW der DDR	Akademie der Wissenschaften der DDR
BRD	Bundesrepublik Deutschland
DDR	Deutsche Demokratische Republik
F&E	Forschung und Entwicklung
KWG	Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft
MPG	Max-Planck-Gesellschaft
ISI	Institute for Scientific Information, Philadelphia, USA
ITW	Institut für Geschichte, Organisation und Theorie der Wissenschaft der AdW der DDR, Berlin
SCI	Science Citation Index
SSCI	Social Sciences Citation Index
WoS	Web of Science