

---

MATTHIAS KÖLBEL

## Das Wachstum der Wissenschaft in Deutschland 1650-2000

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

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

### 1. *Wachstumsverlauf in Deutschland*

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

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

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

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

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

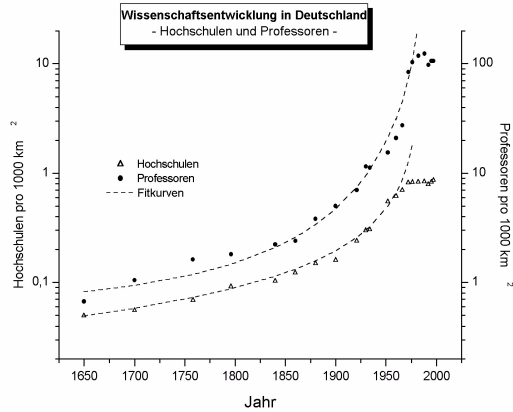
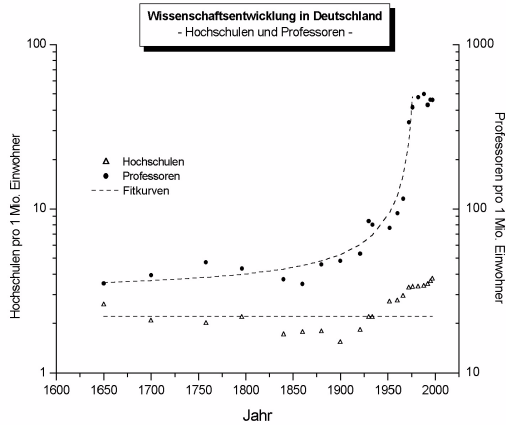
In einer eigenen Studie<sup>2</sup> wurde die zeitliche Entwicklung dieser drei Indikatoren für Deutschland untersucht, wobei bis 1914 die Grenzen von 1871, von 1918-1936 die Grenzen von 1925 und ab 1949 die jeweiligen Grenzen der BRD zugrunde gelegt wurden. Als Hochschulen wurden alle Einrichtungen berücksichtigt, die zu akademischen Graden führen, mit Ausnahme der Verwaltungsfachhochschulen. Professoren im Sinne dieser Untersuchung sind Festangestellte mit Lehr- und Prüfungsbefugnis an einer Hochschule, also ordentliche, außerordentliche und außerplanmäßige Professoren. Die Wissenschaftsausgaben wurden als staatliche sowie private FuE-Aufwendungen operationalisiert, ausgedrückt in konstanten Preisen von 1991.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

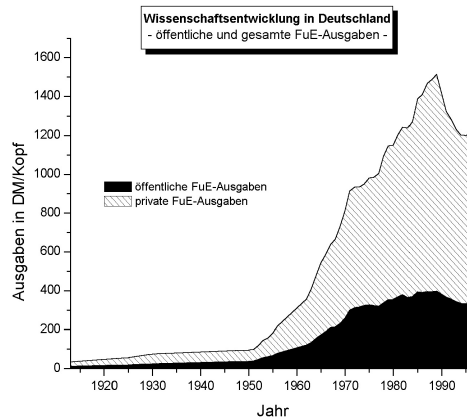
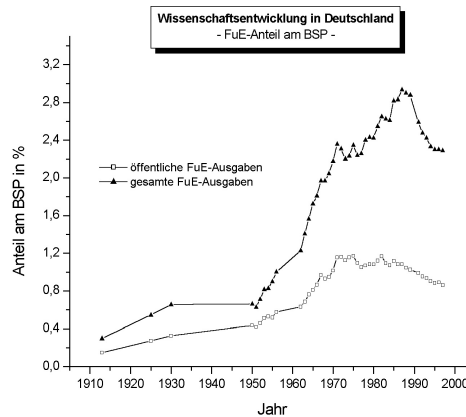


Abbildung 4: *FuE-Anteil am Bruttonationalprodukt*



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

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

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

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

## 2. Wachstumseffekte

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

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

Wachstumseffekten in der Naturwissenschaft vorgestellt werden, die Nicholas Rescher<sup>4</sup> in seinem wunderbaren Buch *Wissenschaftlicher Fortschritt* zusammengetragen hat.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3. *Konsequenzen des Steady State*

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

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

### 3.1. *Exzellente Resultate werden sehr viel seltener*

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

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

### 3.2. *Effizienz wird das Maß aller Dinge*

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



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

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

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

Hat man sich erst einmal darauf geeinigt, was als Input und Output anzusehen und wie er gemessen werden soll, kann die Implementierung von Effizienzinstrumenten beginnen. Großbritannien hat hier eine Vorreiterrolle eingenommen. Beim Festkörperphysiker John Ziman<sup>6</sup>, der sich auch mit *Science Policy Studies*

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

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

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

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

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

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

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

### 3.3. Akademische Laufbahn verliert an Attraktivität

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

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

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

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

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

#### 3.4. *Großforschung stößt an ihre Grenzen*

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

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

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

### 3.5. *Wissensmanagement wird wichtiger*

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

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

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

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

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

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

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

Während die Möglichkeit extrawissenschaftlicher Verwendung von Ergebnissen von der Position der axiomatischen Relevanz ausgeblendet wird, haben die Vertreter der technologischen Relevanz nur diese Nutzenanwendungen im Sinn. Denn nur ein recht kleiner Teil des wissenschaftlichen Unterfangens lässt keinerlei Nutzenanwendungen möglich erscheinen - Astronomie mag hier das Paradebeispiel sein. Aber man kann nie sicher sein, dass nicht später doch noch ein Anwendungsfeld entdeckt wird: Selbst die Zahlentheorie - lange Zeit Sinnbild eitler Geistesanstrengungen - hat unerwartet Anwendung in der Kryptographie gefunden. Der Wissenschaftsphilosoph Jürgen Mittelstraß<sup>8</sup> argumentiert deshalb

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

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

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

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

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

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

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



---

Gesellschaft für  
Wissenschaftsforschung



Heinrich Parthey,  
Günter Spur (Hrsg.)

**Wissenschaft  
und  
Innovation**

Wissenschaftsforschung  
Jahrbuch 2001

**Sonderdruck**

Mit Beiträgen von:

*Wolfgang Biedermann • Manfred Bonitz •  
Werner Ebeling • Klaus Fuchs-Kittowski •  
Siegfried Greif • Christoph Grenzmann •  
Horst Kant • Mathias Köbel •  
Rüdiger Marquardt • Heinrich Parthey •  
Andrea Scharnhorst • Tankred Schewe •  
Günter Spur • Walther Umstätter*

Wissenschaftsforschung  
Jahrbuch **2001**

---

**Wissenschaft und Innovation:**

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

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

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

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

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

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

ISBN 3-934682-35-9

Preis 15,80 €

## Jahrbücher Wissenschaftsforschung

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1994/95.

Hrsg. v. Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Jutta Petersdorf. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Günter Hartung, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Renate Müller, Heinrich Parthey u. Manfred Wölfling. Marburg: BdWi – Verlag 1996. 306 Seiten (ISBN 3-924684-49-6) 39,80 DM

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97.

Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Claudia Hermann, Gunter Kayser, Karlheinz Lüdtke, Werner Meske, Heinrich Parthey, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Regine Zott. Marburg: BdWi – Verlag 1998. 254 Seiten (ISBN 3-924684-85-5) 38,00 DM

Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Wolfgang Stock, Walther Umstätter, Roland Wagner-Döbler, Petra Werner u. Regine Zott. Berlin: GeWif 2000. 368 Seiten. (ISBN 3-934682-30-8) 38,00 DM

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1999.

Hrsg. v. Siegfried Greif u. Manfred Wölfling. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Hans-Eduard Hauser, Frank Havemann, Gunter Kayser, Andrea Scharnhorst, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Janos Wolf. Berlin: GeWif 2001. 227 Seiten. (ISBN 3-934682-33-2) 13,00 €

Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Christian Dahme, Klaus Fuchs-Kittowski, Frank Havemann, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: GeWif 2001. 239 Seiten. (ISBN 3-934682-34-0) 14,00 €

Inhaltsverzeichnisse der Jahrbücher Wissenschaftsforschung im Internet:  
[www.wissenschaftsforschung.de](http://www.wissenschaftsforschung.de)