

ROLAND WAGNER-DÖBLER

Wissenschaftliche Information und das Prinzip abnehmender Grenzerträge naturwissenschaftlicher Forschung

1. Das Postulat Nicholas Reschers

Im Jahre 1879 sowie noch einmal um die Jahrhundertwende herum hat der amerikanische Philosoph und Semiotiker Charles Sanders Peirce Überlegungen über die „Ökonomie der Forschung“ angestellt, in denen er postuliert, daß wissenschaftliche Forschung einem Prinzip abnehmenden Grenznutzens unterliegt.¹

Nicholas Rescher, sicher einer der vielseitigsten und produktivsten Philosophen des 20. Jahrhunderts, hat sich in seinem Buch „Scientific Progress“ von 1978² ausführlich mit diesem Prinzip beschäftigt.³ Neben der Originalität dieses Buchs und der Bedeutung seines Themas haben mich zwei Dinge dazu motiviert, es zwanzig Jahre später noch einmal aufzugreifen: Zum einen herrscht nach Ansicht vieler empfindlicher Mangel an der theoretischen Analyse der „Informations-“ und „Wissensexpllosion“, zum anderen wurde damals von Kritikern besonders häufig der empirische Nachweis des Peirce-Rescher-Prinzips angemahnt oder aber in Frage gestellt.⁴ Die seitdem stark expandierte quantitative und empirische Wissenschaftsforschung veranlaßte mich, noch einmal Reschers Argumentation insbesondere hinsichtlich ihrer empirischen Fundierung nachzugehen.

Um zunächst einem Mißverständnis vorzubeugen: Die Thematik hat nichts mit den immer wieder aufflackernden Bemühungen zu tun, den gesellschaftlichen oder ökonomischen Wert der Wissenschaft, insbesondere der Grundlagenforschung, nachzuweisen oder sogar zu messen, obwohl diese Bemühungen

1 Peirce, C.S.: Economy of research. - In: Peirce: Collected Papers, Vol. 7. Cambridge 1958. S. 76 - 83 [zuerst 1879]. Later reflections. S. 84 - 88 [zuerst 1902].

2 Pittsburg 1978; dt. u.d.T.: Wissenschaftlicher Fortschritt, Berlin 1982. Französ. u.d.T.: Le progrès scientifique, Paris 1993.

3 Siehe auch Rescher, N.: Cognitive Economy. Pittsburg 1989 und ders.: Priceless Knowledge?, Lanham 1996.

4 Die Kritiker haben allerdings keine Vorschläge zur empirischen Behandlung des Problems vorgebracht oder selbst solche Arbeiten durchgeführt.

durch Reschers Thesen natürlich indirekt berührt werden könnten. Vielmehr geht es ausschließlich um innerwissenschaftliche Evaluationen von Forschung.

Rescher schlägt vor, naturwissenschaftliche Forschung, etwa in der Physik, als kognitive Unternehmung zu betrachten. Eine solche Unternehmung hat den Zweck, neue Erkenntnisse über die Natur zu gewinnen; nennen wir ihr Output Rescher folgend kognitive Erträge.

Eine Unternehmung unterliegt bestimmten Input-Output-Relationen, insbesondere Aufwands-Ertrags-Relationen. Als Input fließen in eine kognitive Unternehmung personelle und sächliche Mittel - in der Forschung Wissenschaftler plus Hilfspersonal, ferner die ganze instrumentelle Ausstattung, Labors u.ä. Ich möchte hinzufügen, daß dies auch für technologische („angewandte“) Forschung zu gelten scheint: Ihr Input ähnelt insoweit dem der naturwissenschaftlichen Forschung. Ihr Output besteht aus direkt oder indirekt ökonomisch nutzbaren Erfindungen, wie sie (auf vielen, aber keineswegs allen Gebieten) häufig in Patenten dokumentiert werden. Ich werde auf die technologische Forschung noch einmal zurückkommen.

Rescher entwickelt nun unter Berufung auf Peirce eine zentrale Hypothese über die Input-Output-Relation, eine Ertragsgesetzmäßigkeit, wenn man so will. Diese Gesetzmäßigkeit setzt dem wissenschaftlichen Fortschritt Grenzen, die in der modernen Wissenschaftstheorie bis vor wenigen Jahren weitgehend ignoriert wurden. Hier beschäftigt man sich überwiegend mit ganz anderen Grenzen, v.a. mit intellektuellen Grenzen: Grenzen, die der empirischen Nachprüfbarkeit von Theorien gesetzt sind; Grenzen der rationalen Rekonstruierbarkeit der Wissenschaftsdynamik, Grenzen der Symmetrie zwischen Erklärbarkeit und Prognostizierbarkeit von Phänomenen, Grenzen der Mathematisierbarkeit von Theorien und ähnlichem. In neueren Strömungen der Wissenschaftstheorie allerdings beschäftigt man sich auch aus einer ökonomischen Sichtweise mit spezifisch wissenschaftlicher Rationalität; und obwohl systematisch-empirische oder statistische Zugänge noch kaum integriert wurden, ergeben sich doch vielversprechende Anknüpfungspunkte für die Szientometrie.⁵

Im Laufe der kognitiven „Unternehmenstätigkeit“ erhält man entsprechend der Rescherschen Ertragsgesetzmäßigkeit für dasselbe Quantum an Investition in Erkenntnisgewinnung immer weniger Zuwachs an Erkenntnissen. Ich werde später auf eine mathematische Formulierung zurückkommen.

5 Siehe vor allem: Laudan, L.: *Beyond positivism and relativism*. Boulder, Col. 1996. - Kitcher, P.: *The advancement of science*. New York 1993. - Lütge, C.: *Ökonomische Wissenschaftstheorie*. Dissertation, TU Braunschweig [Typoskript, 1999].

Es handelt sich eine dynamische Relation, die man zunächst einmal „natürlicherweise“ auf die Situation eines bestimmten Forschungsgebiets beziehen kann. Dies veranlaßte Peirce schon damals zu dem forschungspolitischen Rat, nicht etablierte, sondern vor allem neue Forschungsgebiete zu fördern, denen eine günstige (Erkenntnis-)Ertragsrelation noch bevorstehe. Damit ist bereits die Frage angesprochen, ob nicht die Entstehung des Neuen, neuer Forschungsgebiete, die Wirkung des Peirce-Rescher-Prinzips aushebeln könnte.

Rescher bezieht das Marginalprinzip allerdings nicht etwa nur auf den Ertragsverlauf spezifischer Forschungsgebiete, sondern auf den gesamten wissenschaftlichen Erkenntnisprozess.

Worin ist die Hauptursache für dieses Prinzip zu suchen? Gemäß Rescher ist es der zunehmende technologische Aufwand, der in der naturwissenschaftlichen Forschung getrieben werden muß, um Resultate zu erhalten, ein „Rüstungswettlauf“ gegen die Natur, wie Rescher sagt. Und weil im wesentlichen nur Naturwissenschaften diesen technologischen Aufwand treiben, um der Natur ein Stückchen Erkenntnis zu entreißen, schließt Rescher - zumindest im hier behandelten Werk - anders als Peirce ausdrücklich nicht-naturwissenschaftliche Disziplinen vom Gültigkeitsbereich aus.

2. „Wissenschaftlicher Fortschritt“

Wenn wir an das exponentielle Wachstum von Erkenntnissen denken, auf das wir aus dem säkularen exponentiellen Wachstum von Publikationen schließen könnten, so ist es zunächst nicht plausibel, daß die marginale Erkenntniszuwachsrate abnimmt, wenn man vielleicht von vorübergehenden Stagnationen absieht - solange die Investitionen nicht noch wesentlich größere Wachstumsraten aufweisen als das Volumen der Erkenntnisse. Ich lasse hier völlig offen, wie Erkenntnisse und Publikationen korreliert sein könnten. Rescher jedenfalls geht es weder um Erkenntnisse als solche noch um Publikationen, sondern um wissenschaftlichen Fortschritt; er betont daher ähnlich wie bereits Peirce, daß er darunter nicht das Wachstum von Routine-Erkenntnissen versteht, sondern das Wachstum von herausragenden Erkenntnissen, „first-rate findings“ in seinen Worten. Darunter versteht er besonders einflußreiche Erkenntnisse, neue Entdeckungen, aufgrund derer wir unsere Lehr- und Handbücher umschreiben müssen, wie Rescher schreibt, neue Einsichten, die zu ganz neuen Zweigen der Forschung führen - verkürzt dargestellt.

Damit ist natürlich noch kein einziges Wort über die Problematik der Meßbarkeit solcher Qualifikationen von „kognitiven Erträgen“ gesagt. Hier handelt es sich zunächst einmal nicht um operationalisierbare, empirisch umsetzbare oder

gar quantifizierbare Begriffe; es ist unklar, wie wir Routine-Erkenntnisse von solchen fundamentalen Novitäten, wissenschaftlichem Fortschritt im Rescherschen Sinne, objektivierbar unterscheiden können. Das diese Situation jedoch keineswegs zwingend ist, möchte ich anhand einiger Vorschläge des Wissenschaftstheoretikers Paul Weingartner zeigen. Ich ziehe damit bewußt keine „Bibliometrische“, sondern eine nicht-quantitative, nichtsdestoweniger auf Objektivität zielende Annäherung an dieses Thema heran.⁶ Bedeutung ist ein Begriff, für den sich nach Weingartner folgende Kriterien aufstellen lassen (wobei ich Weingartners Ausführungen stark interpretiere sowie komparative Momente hinzufüge):

- Bedeutende Erkenntnisse müssen widerspruchsfrei und logisch möglichst gehaltvoll sein.
- Eine Erkenntnis ist bedeutsam, wenn sie vielen verschiedenartigen Widerlegungsversuchen standhielt.
- Eine Erkenntnis ist bedeutsam, wenn sie einer bewährten Theorie oder eingebürgerten Ansicht widerspricht.
- Eine Erkenntnis ist umso bedeutsamer, je mehr Anwendungsfälle sie hat.
- Eine Erkenntnis ist umso bedeutsamer, je mehr Personen sie kennen, je mehr Personen sie verstehen und je mehr sie diese dabei auch anerkennen.
- Eine Erkenntnis ist bedeutsam, wenn sie zu vielen anderen Erkenntnissen analoge Beziehungen hat.

Je stärker die obengenannten Merkmale - die wohl noch zumindest um eine technologische Dimension zu erweitern wären - auf eine Erkenntnis zutreffen, desto bedeutender sollen sie genannt werden. Bei den Erkenntnissen, auf die die Merkmale in besonderem Maße zutreffen, soll es sich um „first-rate findings“ handeln. Es bleibt natürlich schwierig, dies in eine empirische Untersuchung des „Ertrags“ von Forschung umzusetzen. Deshalb gab es (und gibt es) die verschiedensten Versuche, indirekte Indikatoren, darunter auch bibliometrische und szientometrische Indikatoren, des kognitiven Ertrags von Forschung zu entwickeln.

Halten wir jedenfalls noch einmal fest, daß Rescher unter „scientific progress“ das Wachstum von substantiellen, „first-rate“-Erkenntnissen versteht.

Bezeichnen wir mit F die kumulative Zahl der „first-rate findings“ und R das kumulative Volumen der eingesetzten Ressourcen, so lauten die quantitativen Verhältnisse gemäß Rescher: $F \propto \log R$

6 Weingartner, P.: Logisch-Philosophische Untersuchungen zu philosophie-historischen Themen. Frankfurt a.M.: P. Lang 1996. Kap. 1: Kriterien der Bedeutsamkeit. - Vgl. dazu auch - immer noch nicht veraltet - Lipetz, B.-A.: The measurement of efficiency of scientific research. Carlisle, Mass. 1965.

Dies kann man auch so formulieren: Wächst der (kumulative) Einsatz von Ressourcen exponentiell, so wächst das (kumulative) Volumen der „first-rate findings“ nur linear.

Eine Implikation dieser Beziehung, auf die ich hier aber nicht weiter eingehen werde, lautet: In einer Phase stagnierender Investitionen in die Wissenschaft - und nach Ansicht vieler und auch gemäß einer Prognose von de Solla Price befinden wir uns in genau dieser Phase des Ausklangs des mit der Industrialisierung einsetzenden logistischen Wachstums der Wissenschaft - in einer solchen Phase wird die Zahl der „first-rate findings“ (pro Zeiteinheit) sogar nicht nur nicht mehr wachsen, sondern zurückgehen. Dies ist auch der Grund dafür, daß man Reschers Buch in Zusammenhang mit bestimmten pessimistischen Szenarios über Wachstumsgrenzen gesehen hat, welche sich etwa durch begrenzte Rohstoffvorräte ergeben können.

3. *Empirische Überprüfungen*

Ich erwähnte Indikatoren, die hilfswise zur Forschungsevaluation herangezogen werden. Nicht anders gehen auch die - verhältnismäßig wenigen - empirischen Arbeiten zu Reschers Prinzip zur Ermittlung einer kognitiven „Ertragsrelation“ vor. Ich beginne den empirischen Teil mit einer Erhebung, die Rescher angestellt hat. Er verglich die Zahl von Wissenschaftlern und Ingenieuren in den USA mit der Zahl der in den USA (von heimischen Erfindern?) erlangten Patente in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts. Es zeigte sich, daß das Wachstum von Wissenschaftlern und Ingenieuren viel schneller war als das Wachstum von Patenten. Rescher verweist ferner darauf, daß die Zahl der Referenzen in maßgeblichen wissenschaftlichen Handbüchern nicht etwa exponentiell, entsprechend dem Wachstum des Volumens wissenschaftlicher Publikationen wachse, sondern nur linear.

S. Cole hat die Überzeugung geäußert, daß wissenschaftlicher Fortschritt eine lineare Funktion der Zahl eingesetzter Forscher sei und versucht, empirische Evidenz dafür auf folgende Weise zu erbringen: Über einen Zehnjahres-Zeitraum ermittelte er den Anteil jener (Natur-)Wissenschaftler, die mindestens einmal in der Fachliteratur zitiert wurden. Wären Reschers (oder auch de Solla Prices) Thesen richtig, müßte, so Cole, dieser Anteil sinken, und der Anteil derjenigen, die überhaupt keine nachweisbare Resonanz erhalten, müßte steigen. Cole kam zum Ergebnis, daß der Anteil fluktuierte, aber nicht systematisch sank, was gemäß Cole gegen Reschers Behauptung spricht.

Ebenfalls eine Zitationsanalyse führten drei österreichische Ökonomen für die Literatur der ökonomischen Wachstumstheorie durch. Sie untersuchten Zitati-

onshäufigkeiten anhand eines Korpus von rund 2700 Artikeln bis zum Jahre 1986. Als bedeutend definierten sie Artikel, die mindestens 30 Mal darin zitiert wurden (ohne Selbstzitationen). Das Wachstum dieser weniger als 2 Prozent der Artikel war bedeutend geringer als das Wachstum aller Artikel. Der letzte gemäß dieser Definition bedeutende Artikel erschien 1970, in den nächsten 15 Jahren mußte ein an der Wachstumstheorie interessierter Ökonom 1000 Artikel rezipieren, ohne auch nur einen einzigen „bedeutenden“ darunter zu finden.

Zitationsanalysen könnten aus einer Reihe von Gründen als unzulänglich oder zumindest ergänzungsbedürftig betrachtet werden. Welches Ergebnis erhält man, wenn man sich bei der Ermittlung von „first-rate findings“ auf das Urteil von Experten stützt?

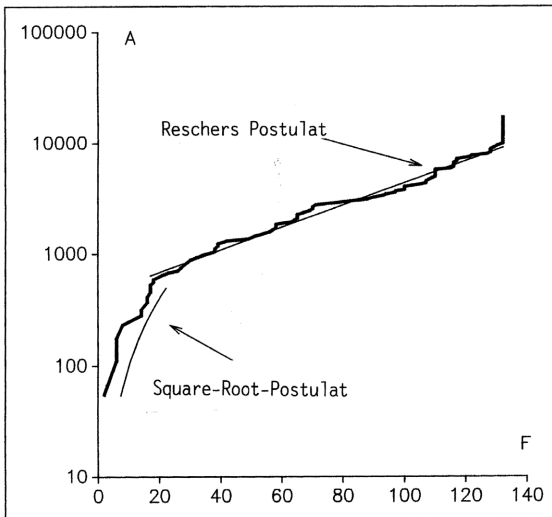
Ich habe zu dieser Frage eine Analyse des „Historischen Katalogs von Wissenschaftlern und wissenschaftlichen Büchern“ des Wissenschaftshistorikers R. M. Gascoigne vorgenommen, der ein Verzeichnis herausragender Forscher zusammengestellt hat.⁷ Zu diesem Zweck hat er maßgebliche, von besten Kennern der Wissenschaftsgeschichte ihres Fachs erstellte Nachschlagewerke herangezogen. Die vier aus meiner Sicht wichtigsten sind:

- Dictionary of Scientific Biography (Vol. 1-14, New York 1970-1980)
- Nouvelle Biographie Universelle (Vol. 1-46, Paris 1852-1866)
- Allgemeine Deutsche Biographie (Vol. 1-56, Leipzig 1875-1912)
- Dictionary of National Biography (Vol. 1-63, London 1885-1900)
- J. C. Poggendorff: Biographisch-literarisches Handwörterbuch (Vol. 1-2, Leipzig 1863)
- op. cit., Vol. 3 (1898)
- op. cit., Vol. 4 (1904).

Alle Forscher, die in mindestens vier dieser Nachschlagewerke eine Eintragung aufweisen (wobei Ausgaben des „Poggendorff“ jeweils separat gezählt wurden) habe ich als „first-rate contributors“ definiert; dies ist zwar nicht völlig frei von Willkür, auf der anderen Seite entsprach die Zahl der so erhaltenen Forscher in etwa der Quadratwurzel sämtlicher im 19. Jahrhundert jemals aktiven Physiker oder Mathematiker, auf die ich mich ausschließlich beschränke. Eine weitere Einschränkung: Ich habe ausschließlich im 19. Jahrhundert aktive Forscher einbezogen, so daß man davon ausgehen kann, daß sich ein möglicher Obsoleszenz- und ein Aktualitätsbevorzugungs-Effekt die Waage halten; angesichts der Erscheinungsjahre der NBU und der ADB ist am ehesten mit Verzerrungen gegen Ende des 19. Jahrhunderts zu rechnen.

7 Gascoigne, R. M.: A historical catalogue of scientists and scientific books, from the earliest times to the close of the nineteenth century. New York 1984.

Abbildung 1a Kumulative Anzahl der 132 „first-rate“-Physiker F (X-Achse) und kumulative Anzahl aller Physik-Autoren ($n=17.501$) (Y-Achse, log.) 1800-1900. Eigene Berechnungen. Bibliographische Quellen: Gascoignes Katalog bedeutender Wissenschaftler (s. Fußnote 7); *Catalogue of Scientific Papers 1800-1900, Index, für die Zahl aller Autoren* (s. Fn. 8; weitere Details im Text). Die Abwesenheit bedeutender Wissenschaftler in den letzten fünfzehn Jahren des 19. Jahrhunderts beruht auf Eigenschaften insbesondere der von Gascoigne benutzten Nachschlagwerke. Die Regressionsgerade für Werte zwischen 1810 und 1808 entspricht dem Priceschen „Square Root Principle“.



Sodann habe ich, wie schon angedeutet, die Zahl der von 1800 bis 1900 jemals als Forscher aktiven Physiker bzw. Mathematiker ermittelt. Als Indikator dieser Aktivität habe ich das Vorliegen mindestens einer wissenschaftlichen Zeitschriftenpublikation betrachtet; Physiker oder Mathematiker, die niemals veröffentlichten, fielen damit heraus. Datenquelle hierfür war der „Catalogue of Scientific Papers“, das für damalige Verhältnisse atemberaubende Mammutunternehmen zur Erschließung der rund 800.000 wissenschaftlichen Zeitschriftenbeiträge des 19. Jahrhunderts, dessen Indizes für Physik und Mathematik von uns aufbereitet wurden.⁸ Bei der Physik handelt es sich um rund 17.500, bei der Mathematik um rund 5.500 Personen.

Auf der X-Achse von Abb. 1a sind kumulierend die First-rate-Beitragenden aufgetragen, auf der logarithmischen Y-Achse die kumulierende Zahl der Zeitschriftenautoren in der Physik.

Die lineare Regressionsgerade ab etwa 20 First-rate-Beitragenden für den Zeitraum von 1810 bis 1885 bestätigt Reschers Prinzip insoweit, als sich ihre Zahl proportional zum Logarithmus der Zahl aller Beitragenden auf diesem Gebiet verhält. Bemerkenswert ist die Lage für den Anfangszeitraum bis 1810; hier ist der Anstieg der Kurve steiler, so daß eher Prices „Square Root Principle“ zutrifft⁹ - man ist versucht, dies als Ausdruck der Notwendigkeit besonders hoher Anfangsinvestitionen zu deuten, die erst nach Erreichen eines Schwellenwerts eine bessere Ertragslage herbeiführen.

Für die Mathematik (Abb. 1b) ergibt sich - in etwas verkleinertem Maßstab - genau dasselbe Resultat. Anders jedoch, als von Rescher angenommen, gibt es zwischen Physik und Mathematik in Bezug auf diese Regularität keinen wesentlichen Unterschied - vorausgesetzt, die Transformation des Rescherschen Prinzips in eine Beziehung, die für die Zusammensetzung des Forscherpotentials gilt, ist korrekt. In jedem Fall zu konzedieren ist, daß die „Forschungskapital-Produktivität“, also das Verhältnis von Sachmitteln zum Ertrag, in der Physik ungünstiger ausfällt als in der Mathematik.

Bei dem hier vorgetragenen Beispiel wurden Expertenurteile nur indirekt genutzt, wie sie in die lexikalische Zusammenstellung bedeutender Wissenschaftler einfließen. Welches Ergebnis erhält man, wenn Experten die wissenschaftliche Bedeutung der Beiträge eines Fachgebiets direkt bewerten? Ich ziehe zu diesem Zweck eine Bibliographie zur Literatur der mathematischen Logik für den Zeitraum von ungefähr 1850 bis etwa 1940 heran. Verfasser dieser Bibliographie ist einer der herausragendsten Logiker des 20. Jahrhunderts, A. Church, der sämtliche verzeichneten Beiträge auch einer Bewertung unterzog.¹⁰ Eine quantitative Auswertung zeigt, daß der Anteil jener Publikationen, deren Bedeutung von Church als herausragend eingeschätzt wurde, über den genannten Zeitraum ex-

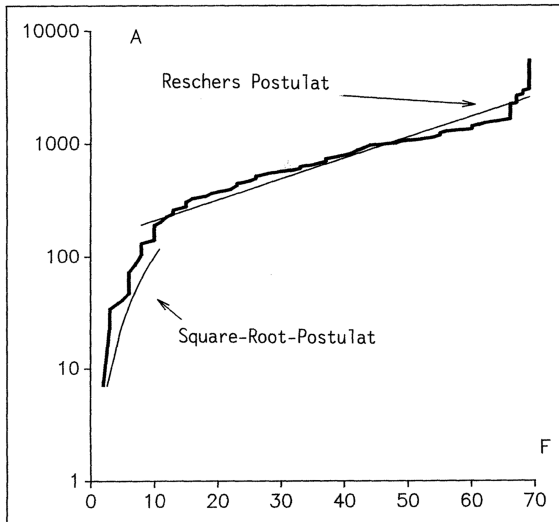
8 Einzelheiten zur Mathematik des 19. Jahrhunderts: Wagner-Döbler / R., Berg, J.: Nineteenth-century mathematics in the mirror of its literature, A quantitative approach. - In: *Historia Mathematica*. 23 (1996). S. 288 - 318. Zur Physik: Wagner-Döbler / R., Berg, J.: *Physics 1800-1900, A quantitative outline*. - In: *Scientometrics*. 46 (1999). S. 213 - 285.

9 Ein verwandtes Postulat von D. Price, gelegentlich „Square Root Law“ genannt, das angeblich bis auf Jacques Rousseau zurückgeht. Es besagt, daß die Zahl bedeutender Wissenschaftler eines Gebiets der Quadratwurzel der Gesamtzahl der beteiligten Wissenschaftler entspricht.

10 Eine ausführliche Beschreibung und Würdigung dieser Bibliographie in: Wagner-Döbler / R., Berg, J.: *Mathematische Logik von 1847 bis zur Gegenwart, eine bibliometrische Untersuchung*. Berlin 1993.

ponentiell sinkt - was Reschers Prinzip logarithmischer Erträge offensichtlich bestätigt.¹¹

Abbildung 1b *Dasselbe wie in Abb. 1a mit „first-rate“-Mathematikern und alle mathematischen Autoren des 19. Jahrhunderts (n=5.531) Eigene Berechnungen; bibliographische Quellen: s. Abb. 1a.*



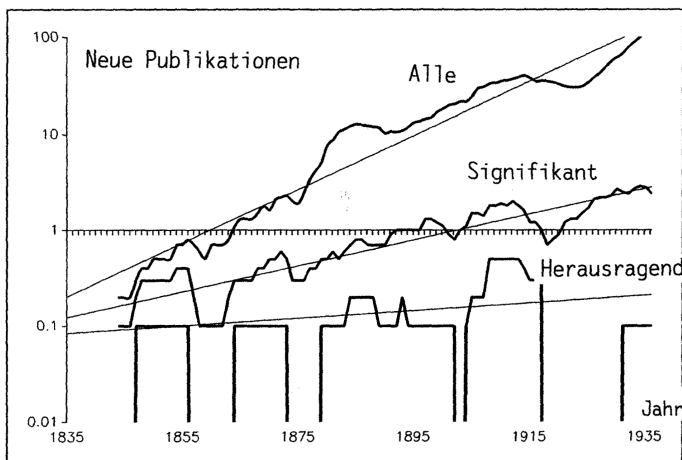
Die Zahl der Beiträge unterschiedlicher Bedeutung muß Reschers Prinzip zufolge unterschiedlich schnell wachsen. Dies bestätigt eine Analyse des Wachstums der drei Schichten, in die Church die logische Literatur gemäß ihrer Bedeutung unterteilt hat: Während das gesamte jährliche Publikationsvolumen (in gleitenden 10-Jahres-Intervallen dargestellt) um 6,5 Prozent wuchs, betrug die Wachstumsrate der von Church als bedeutend eingeschätzten Literatur nur 3,1 Prozent, während das Wachstum der First-rate-Publikationen unter einem Prozent lag, vgl. Abb. 2.

Alle aufgeführten empirischen Beispiele sind nur Hilfskonstruktionen, wenngleich alle (mit Ausnahme des von mir kritisierten Versuchs von Cole) in eine Richtung weisen, die Peirce und Rescher bestätigt.

11 Für die Biologie hat B. Glass eine semi-quantitative Analyse durchgeführt, die das Prinzip abnehmender Grenzerträge bestätigt. Im Gegensatz zu Rescher geht Glass von einer finiten Menge möglicher Entdeckungen aus. Glass, B.: Milestones and rates of growth in the development of biology. - In: The Quarterly Review of Biology. 54 (1979). S. 31 - 53.

Abbildung 2

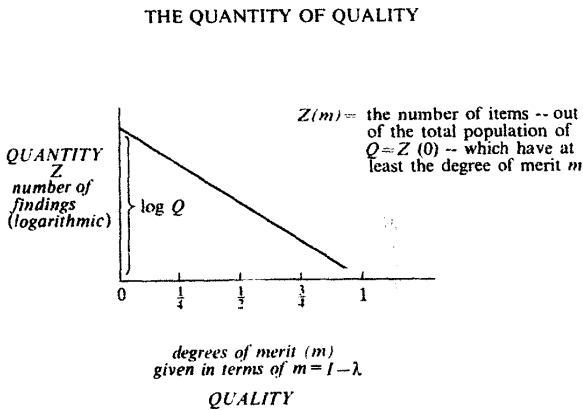
Publikationen in Symbolischer Logik 1835-1935 gemäß einer Bibliographie von A. Church (einschl. „Zusätze und Korrekturen; cf. Fn. 10), in gleitenden 10-Jahresdurchschnitten; mit Regressionsgeraden für exponentielles Wachstum. Drei Grade der Bedeutung: Alle Publikationen (n=2.387; jährliche Wachstumsrate 6,5%); (zumindest) signifikante Publikationen (gekennzeichnet durch einen Stern, n=101; jährliche Wachstumsrate 3,1%; herausragende Publikationen (zwei Sterne, n=11; jährliche Wachstumsrate 0,9%)



4. „Lotka's law“ in Wissenschaft - und Technologie

Nun gibt es aber noch eine ganz andere Stoßrichtung, von der her das Prinzip von Peirce und Rescher Unterstützung erhält; es ist eine in der Szientometrie vielbeachtete und wohlbekanntere Regularität, nämlich „Lotka's Law“. „Lotka's Law“ hat bekanntlich eine asymmetrische, paretoartige Ertragsstruktur von Forschern zum Inhalt, die zu einem bestimmten Zeitpunkt wissenschaftlich aktiv sind. Nur sehr wenige gelangen zu hohen Erträgen, sehr viele bescheiden sich mit geringen Erträgen, mißt man diese Erträge in Form von Publikationen oder aber auch als durch Experten festgestellte herausragende Leistungen. Man kann den Ertrag, statt ihn - wie in der Szientometrie üblich - mit Hilfe von Publikations- oder Zitationszahlen zu messen, ohne weiteres wie Rescher in „degrees of merit“ schematisch symbolisieren (vgl. Abb. 3, übernommen aus seinem Buch). Will man nun die Zahl der Forscher mit besonders hohen wissenschaftlichen Verdiensten erhöhen, d.h. die Gerade nach rechts verschieben, so wächst der zugehörige Ressour-

Abbildung 3 Die schiefe Häufigkeitsverteilung der Bedeutung wissenschaftlicher Resultate (aus: Rescher: *scientific progress* - siehe Fn. 2 -, S.110).



ceneinsatz (in Form von zusätzlichen Forschern) exponentiell¹². Ich halte dies für eine der folgenreichsten Implikationen von „Lotka's Law“, das sicher zu den bestbestätigten Regularitäten der Wissenschaftsforschung gehört und darüber hinaus einige Parallelen und Analogien zur Ökonomie aufweist.¹³ Ohne ein Marginalprinzip explizit zu bemühen, hat D. Price Ähnliches bereits in „Little Science, Big Science“ als Implikation der asymmetrischen wissenschaftlichen Ertragsstruktur angesprochen¹⁴.

Das Lotka-Argument bringt aber noch etwas weiteres ins Spiel. Rescher zufolge gilt das Prinzip sinkender Grenzerträge ausschließlich in der naturwissenschaftlichen Forschung. Erste Zweifel legte der Vergleich der Physik des 19. Jahrhunderts mit der Mathematik des 19. Jahrhunderts nahe, bei dem sich - im Rahmen der verwendeten Indikatorenkonstruktion - keinerlei stichhaltigen Unterschiede offenbarten. Naturwissenschaftliche Forschung ist in der Tat technologieaufwendiger als geistes- oder sozialwissenschaftliche Forschung; aber es ist eine Tatsache, daß „Lotka's Law“ in den Geistes- und Sozialwissenschaften genauso wie in naturwissenschaftlichen Disziplinen bestätigt wurde, die Mathematik eingeschlossen.

12 Vgl. auch Wagner-Döbler, R., Berg, J.: *Mathematische Logik von 1847 bis zur Gegenwart*. Berlin 1993. S. 126 u. passim.

13 Eine Liste von rund 50 „Lotka-Verteilungen“ auf den verschiedensten Forschungs- und Publikationsgebieten hat M. L. Pao zusammengestellt. Pao, M. L.: *An empirical examination of Lotka's law*. - In: *Journal of the American Society for Information Science*. 37 (1986). S. 26 - 33.

14 Vgl. z.B. Price, D. deS.: *Little science, big science*. Frankfurt a.M. 1974. S. 114ff.

Bei allen mir bekannten Studien zur Lotka-Regularität wurden und werden, wie ja auch in obigen Beispielen, bibliometrische Indikatoren bemüht; eine gewisse Ausnahme stellt die Analyse der Churchschen Bewertungen in der Logik dar. In keinem Fall liegt ein Maßsystem vor, das Input- und Outputgrößen, also Investitionen in Erkenntnisgewinnung als Input und Erkenntnisse als Output, kompatibel macht. Dies wird im Bereich der Wissenschaft vielleicht auch nie realisiert werden. Es gibt jedoch einen Bereich der Forschung, in dem Input wie Output grundsätzlich in Geldeinheiten gemessen und dadurch gegenübergestellt werden können - und zwar im Bereich von technologischer Forschung und Entwicklung. Auch hier ist die Lage aber keineswegs unkompliziert. Unternehmen forschen, um neue vermarktungsfähige Produkte zu entwickeln. Ein - nicht unbeträchtlicher - Teil dieser Forschung führt zu patentfähigen Ergebnissen. Erträge solcher Patente sind, wie bereits erwähnt, grundsätzlich monetär bewertbar, die tatsächliche Erhebung solcher Daten stößt freilich auf enorme praktische Schwierigkeiten. Wir wissen allerdings aus der Literatur und von Praktikern, daß Patent-erträge als sehr ungleich und asymmetrisch verteilt gelten. Patentforscher haben indirekte Hinweise auf die Richtigkeit dieser Beobachtung erhalten, indem sie folgende raffinierte Analyse angestellt haben. Patentansprüche über einen längeren oder den maximalen Zeitraum aufrechtzuerhalten, kostet Geld. Schankerman und Pakes haben vom Aufwand, den Unternehmer oder Erfinder zur Aufrechterhaltung von Ansprüchen treiben, auf die entsprechenden Patent-erträge geschlossen; zwar gibt es auch hier z.B. durch sogenannte Sperrpatente und ähnliche Erscheinungen Verzerrungsmöglichkeiten, aber im großen und ganzen scheint doch der Schluß gerechtfertigt und auch durch Erfahrung bestätigt, daß Patentinhaber kommerziell uninteressante Patente verfallen lassen, lukrative Patente hingegen nicht. Ich habe die indirekten Patent-ertragsschätzungen, die Schankerman und Pakes auf diese Weise erhielten, einmal graphisch dargestellt. Die Kurve zeigt typische Lotka-Eigenschaften, wenngleich sie weder mit Lotka's Law noch Pareto's Law ganz übereinstimmt.

Eine fast vollkommene Übereinstimmung hingegen erhält man bei einer anderen, nun aber wieder indirekten Form der Patent-ertragsrechnung, die sich allerdings schon wieder stärker bibliometrischen Darstellungsweisen annähert. Betrachtet man die Verteilung der Patente, die Firmen, die auf einem Gebiet wie etwa des Supraleiters in Forschung und Entwicklung aktiv sind, einreichen, so ergibt sich eine Übereinstimmung mit „Lotka's Law“.¹⁵ Ist dies schon bemerkenswert genug - und es gilt, wie schon vor längerem gezeigt wurde, zusätzlich

15 Wagner-Döbler, R.: Wachstumszyklen technisch-wissenschaftlicher Kreativität. Frankfurt/M. 1997. Abb. 75 und S. 192ff.

auch auf der Ebene einzelner beteiligter Erfinder -, so legt dies aber auch einen Schluß auf Patenterträge nahe, geht man, in der Literatur zu findenden Vermutungen folgend, von einer annähernden Proportionalität von (übrigens ähnlich asymmetrisch verteiltem) Forschungsaufwand und korrespondierenden Erträgen bei Unternehmen aus.¹⁶ Ich komme nun zu dem in meinem Zusammenhang Entscheidendem: Das Vorliegen einer Lotka-artigen oder zumindest -ähnlichen Regularität impliziert, wie oben gezeigt wurde, die Gültigkeit des Rescherschen Marginalprinzips auch in der technologischen Forschung. Dies wiederum verleiht dem - für die wissenschaftliche Forschung vielleicht niemals überzeugend quantifizierbaren - Postulat von Peirce und Rescher ein Quentchen mehr Plausibilität und Reichweite. Ich sollte hinzufügen, daß just im Jahr des Erscheinens des Buches von Rescher die beiden Ökonomen Giarini und Loubergé ein Werk mit dem Titel „The diminishing returns of technology“ herausbrachten, das wiederum Wurzeln im sogenannten Wolfschen Gesetz abnehmender Grenzerträge des technischen Fortschritts hat. Der Aspekt möglicherweise sinkender Grenzerträge der technologischen Forschung für den technischen Fortschritt ist allerdings zu trennen von der Frage, wie hoch die wirtschaftlichen Grenzerträge aus der technologischen Forschung ausfallen.

Ich komme nun auf einen schon angedeuteten Einwand, der die Wirkung des Marginalprinzips bezweifelt; und zwar mit dem Hinweis, daß die Generierung neuer Forschungsgebiete mit ihren nach der Überwindung einer Anlaufphase hohen Erträgen die niedrigeren Erkenntnisraten anderer Gebiete aushebelt. So äußerte sich zum Beispiel G. Dobrov, der Begründer der ukrainischen Schule der Wissenschaftsforschung, und darauf deutete ja schon die zitierte Peircesche Bemerkung zur Forschungsförderung hin. Rescher hat dem widersprochen. Denn auch die Herausbildung neuer Forschungszweige, die ja in der Tat untrennbar mit überragenden Entdeckungen verflochten sind, unterliegt, so Rescher, einem Prinzip abnehmender Grenzerträge; es gibt demnach kein Entrinnen.

Die Wissenschaft steht auf diese Weise, so Rescher, in einem eklatanten Gegensatz zu ökonomischen Prozessen, wo Grenzerträge vor allem in der sogenannten Massenproduktion zumindest zeitweise zunehmen können. Lern- und Rationalisierungseffekte bringen es dann mit sich, daß die Massenproduktion ei-

16 In diesem Zusammenhang ist noch an die Arbeiten D. Sahals zur ebenfalls asymmetrischen Struktur der Verteilung der Leistungsparameter bestimmter Technologien zu erinnern, die von hier tätigen Firmen erzielt werden. Vgl. Sahal, D.: Patterns of technological innovation. Reading 1981.

nes Guts zu- statt abnehmende Grenzerträge hervorruft. Genau dies ist, so Rescher, in der Wissenschaft, deren Aufgabe die Erzeugung von Neuem ist, nicht möglich.

5. *Wissenschaftliche „Massenproduktion“*

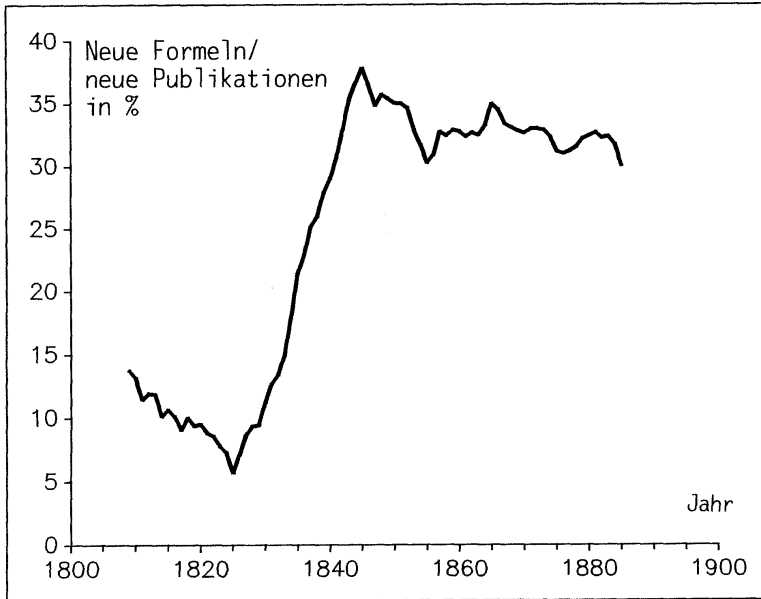
Verharren wir aber noch etwas beim Begriff der Massenproduktion. Drehen wir den Spieß einmal um und unterstellen wir, daß nicht nur der „wahre“ wissenschaftliche Fortschritt in Form von „First-rate“-Resultaten gemäß Rescher das Ziel der Wissenschaft sei, sondern auch der Schwarm von wissenschaftlichen Arbeiten, der mit solchen Resultaten einhergeht und verknüpft ist - mit einer großen Bandbreite, die von schlichter Duplikation bis zu bedeutenden Detailverbesserungen reicht.

Kann nicht vielleicht bei diesem Typ von Arbeiten, die nicht den Kern des wissenschaftlichen Fortschritts ausmachen, von einer Art wissenschaftlicher Massenproduktion gesprochen werden? Hierzu eine geeignete Quellenbasis zu entwickeln, ist nicht einfach. Am sichersten schien mir der Boden auf historischem Terrain. Der englische Mathematikhistoriker S. Carr hat für den Zeitraum 1800 bis 1885 ein umfangreiches Verzeichnis der Hauptresultate, Formeln oder Theoreme angefertigt, die in der Zeitschriftenliteratur des 19. Jahrhunderts zu finden sind.¹⁷ Ich habe mir in einer recht mühsamen Rekonstruktion der Erscheinungsjahre dieser rund 6.200 Einzelresultate ein Bild ihres zeitlichen Verlaufs gemacht und dies mit dem Erscheinungsverlauf der gesamten mathematischen Zeitschriftenliteratur, also rund 20.000 Aufsätze bis 1885, verglichen.¹⁸ Unterläge diese Flut von Veröffentlichungen einem Prinzip abnehmender Grenzerträge im modifizierten Sinn, so müßte der Anteil neuer Resultate im Zeitablauf sinken. Wie Abb. 3 zeigt, ist dies jedoch nicht der Fall. Vielmehr sinkt dieser Anteil anfänglich, um danach geradezu explosionsartig zu steigen bis um 1845 herum; für die restlichen 40 Jahre bleibt er, von Fluktuationen abgesehen, auf konstantem Niveau - d.h. das Wachstum neuer Formeln und Theoreme war exponentiell wie das Wachstum der Publikationen, wenngleich auf niedrigerem Niveau. Man könnte also sagen, daß hier zumindest zeitweise durchaus eine Art wissenschaftliche Massenproduktion am Werk war. Aufgrund der speziellen Quellensituation nehme ich von einer Interpretation des uneinheitlichen Verlaufs der ersten 40 Jahre, in denen diese Produktion noch in ihren Anfangsgründen stand, Abstand.

17 Carr, G. S.: *Formulas and theorems in pure mathematics*, 2nd ed. New York, N.Y., 1970. Zuerst 1886 u.d.T.: Carr: *A synopsis of elementary results in pure mathematics*.

18 Letzteres basierend auf der Auswertung des „Catalogue of Scientific Papers“ (siehe Fn. 8).

Abbildung 4 *Zahl von ungefähr 6.000 neuen grundsätzlichen Ergebnissen, Formeln und Theoremen niedergelegt zwischen 1800 und 1885 als Anteil aller in der Mathematik zwischen 1800 und 1885 publizierten Artikel in Prozent (bibliographische Quelle: Carr Formulas and Theorems in Pure Mathematics; siehe Fn. 17); gleitende 10-Jahres-Durchschnitte. Weiteres im Text.*



Von gewissen Fluktuationen abgesehen, hat J. Schummer für die präparative Chemie von 1800 bis zur Gegenwart ein vergleichbares Ergebnis erzielt: Auch das kumulative Wachstum der Entdeckung neuer Substanzen war exponentiell.¹⁹

6. *Wissenschaftliche Information und „Bradford's law“*

Bisher war stets von Erkenntnis- oder Wissensproduktion die Rede. Auf welche Weise ist wissenschaftliche Information betroffen? Setzen wir zu diesem Zweck „first-rate findings“ mit „wissenschaftlichen Informationen hervorragender Bedeutung“ gleich. Ihr Anteil an der gesamten von der Wissenschaft erzeugten In-

19 Schummer, J.: Scientometric studies on chemistry I: The exponential growth of chemical substances, 1800-1995. - In: Scientometrics. 39 (1997). S. 107 - 123.

formation muß gemäß Reschers Prinzip sinken. Betrachtet man Information nicht als Erkenntnisse, sondern als potentielle Erkenntnisse, könnte man vielleicht noch weiter gehen und sagen, daß auch zur Produktion von nicht-extraordinären Erkenntnissen ein zunehmender Aufwand an Informationsgewinnung zu betreiben ist - mit der Einschränkung, daß in diesem Zusammenhang Informationen den Sinn von Daten erhalten (Daten jeder Form, aber insbesondere natürlich statistischen Daten).²⁰ Damit gelingt es, zwei Aspekte des Redens über eine angebliche „Informationslawine“ einzufangen: Zum einen wird erklärt, daß sich diese Lawine überhaupt entwickelt und verstärkt hat: Um wissenschaftlichen Fortschritt im Rescherschen Sinne aufrechtzuerhalten, mußte die Lawine ihr rasendes Wachstum an den Tag legen. Zum zweiten macht das Prinzip auf zwanglose Weise klar, daß bedeutende Informationen nicht nur immer schwerer zu produzieren, sondern auch schwerer zu finden sind. Das Aufwand/Ertrags-Verhältnis wird sowohl beim Produzieren als auch beim Wiederauffinden bzw. Identifizieren schlechter. In beiden Fällen steigt der Aufwand: Damit haben nicht nur die technologischen Mittel der Erkenntnisproduktion exponentiell zu wachsen, um wissenschaftlichen Fortschritt (im Rescherschen Sinne) aufrechtzuerhalten. Ebenso hat die Leistungsfähigkeit technologischer Instrumente (in einem weiten Sinne aufgefaßt) zu wachsen, die dem Verbreiten, Ordnen und Wiederauffinden der Erkenntnisse dienen: Man führe sich etwa die Entstehung der Publikationsform „Zeitschrift“ im 17. Jahrhundert vor Augen, die Entstehung von Referatediensten im 19. Jahrhundert, elektronisches Publizieren im 20. Jahrhundert, um markante Glieder einer Entwicklungskette herauszupicken.

Informationslawinen mit ihren gerade angedeuteten Folgen wären damit unmittelbare Folge einer gesetzesartigen Regularität unseres Wissens- und Informationszeitalters und nicht etwa pathologische Erscheinungen des Wissenschaftsbetriebs (die freilich ihren unvermeidbaren Platz haben könnten), nicht etwa eine Folge des Nachlassens der kritischen Kräfte, oder eine Folge der ungebührlichen personellen Ausweitung der Wissenschaft (eine Art „Vermassung“ - daran schien Price zu denken). Dies sollte einer Diskussion in Informations-, Dokumentations- und Bibliothekswissenschaft würdig sein.

Ich habe oben beschrieben, wie „Lotka's Law“ in Reschers Prinzip abnehmender Grenzerträge verwoben ist. Es gibt noch eine weitere, in Szientometrie und Informationswissenschaft vielbeachtete Regularität, die sich nahtlos in Reschers Betrachtungen einfügen läßt, nämlich das sogenannte „Bradford Law“, das die Verteilung der Anzahl der Artikel zu einem bestimmten wissenschaftlichen Ge-

20 Dies entspricht den Ausführungen Reschers zum zunehmenden daten-technologischen Aufwand in den Naturwissenschaften.

biet oder Thema über Zeitschriften zum Inhalt hat. Diese Verteilung ähnelt der Lotka-Verteilung: Ein kleiner Kern von Zeitschriften enthält den größten Teil aller einschlägigen Arbeiten, während der Rest über eine Vielzahl weiterer Zeitschriften breit gestreut ist, ein Phänomen, das sich immer wieder bestätigen ließ. Ich sehe hier von der unorthodoxen und unpraktischen Darstellungsweise Bradfords ab, sondern beziehe mich auf eine Analyse von I. K. R. Rao, derzufolge von der Vielzahl in Frage kommender mathematischer Funktionen eine log-lineare Regression die besten Anpassungen an die tatsächlichen Werte erzielte.²¹

„Bradford's law“ kann man dann zwanglos als ein Prinzip abnehmender Grenzerträge der Literatursuche deuten: Die Zahl der zu durchsuchenden Zeitschriften steigt exponentiell, um dasselbe Quantum an Beiträgen zu einer bestimmten wissenschaftlichen Problematik zu erhalten - ein Sachverhalt, der natürlich auch Zeitschriftenerwerbungsabteilungen von Bibliotheken bei der Frage beschäftigt hat, wie ein Fachzeitschriftenbestand am rationellsten aufzubauen ist.

Ich formuliere die Bradfordsche Regularität noch einmal im Sinne eines Grenzertragsprinzips. Demzufolge sinken die informationellen Erträge mit jeder zusätzlichen Zeitschrift, die zu einer bestimmten Fragestellung oder einem bestimmten Fachgebiet konsultiert (und vielleicht auch: abonniert) wird; und sie sinken exponentiell. Reschers Postulat „logarithmischer Erträge“ scheint also auch hier zu gelten.

7. *Schluß*

Ich möchte zum Schluß kommen. Zwar stellte S. Cole fast 20 Jahre nach Erscheinen von Reschers Buch fest, daß die empirische Forschungslage in bezug auf die entscheidenden Punkte noch immer unbefriedigend ist. Alle bisherigen umfassenderen empirischen Untersuchungen jedoch deuteten auf die Richtigkeit der Rescherschen Postulate hin. Die Problematik der Abgrenzung von herausragenden „First-rate“-Resultaten von „normaler“ Wissenschaft bereitet allerdings nach wie vor Schwierigkeiten.

Ich habe durch eine quantitative Analyse entsprechender Quellen versucht, die wissenschaftlichen Erträge der mathematischen Literatur des 19. Jahrhunderts in Form von Formeln, Lehrsätzen und Hauptresultaten in ihrem zeitlichen Ablauf abzuschätzen. Dabei ergab sich etwas, was man meiner Meinung nach eine wissenschaftliche Massenproduktion nennen kann, wenn man den pejorati-

21 Rao, I. K. R.: An analysis of Bradford multipliers and a model to explain the law of scattering. In: Sixth International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, Jerusalem, June 16-19, 1997. Proceedings. Jerusalem 1997. S. 341 - 349.

ven Beiklang beiseite läßt - eine Massenproduktion, die zumindest für einige Dekaden bis 1885 (dem Ende meines Untersuchungszeitraums) mit dem Gesamtvolumen der Zeitschriftenaufsatzliteratur Schritt hielt, die etwa zu einem Drittel solche Resultate barg.²² Ähnliches zeigte sich in der Untersuchung J. Schummers für die Chemie über einen Zeitraum von zwei Jahrhunderten.

Mag die empirische Umsetzung der Grenznutzenbehauptung auch weiterhin noch Schwierigkeiten machen, so trifft dies wohl kaum auf zwei prominente zientometrische Regularitäten zu, nämlich Lotka's Law und Bradford's Law. Beide Regularitäten implizieren, wie ich zu zeigen versuchte, ein Prinzip abnehmender Grenzerträge und stellen damit eine der stärksten Stützen des Peirceschen/Rescherschen Postulats dar.

Die Grenzen des wissenschaftlichen Fortschritts weisen viele Aspekte auf; und die Diskussion darüber hat Wellen bis in das Magazin „Time“ geschlagen, als der Fortschritts„pessimist“ John Horgan und der „Optimist“ Paul Hoffman über Horgans Thesen über das „Ende der Wissenschaft“ diskutierten - genauer gesagt: über das Ende der Erkenntniserträge der Wissenschaft.²³ Man könnte im ersten Moment meinen, daß Reschers Postulat Wasser auf die Mühlen der Horganschen Argumentation wirft. Horgan kommt jedoch zu einer ganz anderen Einschätzung und nennt Reschers Position eine „optimistische Gegenstimme“²⁴ - und dies ist völlig korrekt. Denn Reschers Darlegungen implizieren kein Ende der Wissenschaft, kein Ende bedeutungsvoller wissenschaftlicher Probleme und kein Ende wissenschaftlicher Antworten, sondern lediglich eine Verlangsamung des wissenschaftlichen Fortschritts. Auch die Wissenschaft also wird demnach weder ein Zusammenbruch noch ein Paradies kommunistischen Stillstands ereilen.

- 22 Dieser Anteil würde sich möglicherweise noch vergrößern, wenn S. Carr noch mehr Zeitschriftentitel in seine Auswertung einbezogen hätte. Freilich dürfte sich der Mehrertrag in Grenzen halten - gemäß Bradford's Law.
- 23 Will there be anything left to discover? - In: Time. April 10, 2000. S. 74 - 75. Es geht hierin um Horgan, J.: The end of science. Reading 1996. Dt. u.d.T.: An den Grenzen des Wissens. Siegeszug und Dilemma der Naturwissenschaften. München 1997.
- 24 Siehe Horgan: An den Grenzen des Wissens, a.a.O., S. 53ff.

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Klaus Fuchs-Kittowski,
Heinrich Parthey,
Walther Umstätter,
Roland Wagner-Döbler (Hrsg.)

**Organisationsinformatik
und Digitale Bibliothek
in der Wissenschaft**

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2000

Sonderdruck

Mit Beiträgen von:

*Manfred Bonitz • Christian Dahme • Klaus
Fuchs-Kittowski • Frank Havemann •
Heinrich Parthey • Andrea Scharnhorst •
Walther Umstätter •
Roland Wagner-Döbler*

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch **2000**

**Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in
der Wissenschaft:**

Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000 / Klaus
Fuchs-Kittowski; Heinrich Parthey; Walther
Umstätter; Roland Wagner-Döbler (Hrsg.). Mit
Beiträgen von Manfred Bonitz ... - Berlin:
Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001.

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 2001
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 Norderstet

ISBN 3-934682-34-0

Preis: 14,00 €