



Dieter B. Herrmann

### **Quantitative Methoden in der Wissenschaftsgeschichte unter besonderer Berücksichtigung der Astronomie**

Überarbeitete Fassung eines Vortrages vor dem Plenum der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin am 13.12.2007

Die Methoden wissenschaftlicher Forschung sind Instrumentarien zum Erreichen von Zielen, d.h. zum Gewinnen von Erkenntnissen. Die Anwendung von Methoden setzt daher die Definition des Zieles voraus. Um ein Beispiel aus der Astronomie zur Verdeutlichung zu wählen: wenn man – wie seinerzeit Gauß und Bessel – die ausschließliche Aufgabe der Astronomie darin erblickt, Regeln für die Ortsveränderungen der Gestirne zu finden, braucht man über Spektralapparate nicht zu sprechen. In der Frühphase der Herausbildung der Astrophysik gab es einen ausgesprochenen Methodenstreit, der letztlich aber ein Streit um die Ziele der Forschung gewesen ist. Gauss und Bessel erklärten geradezu apodiktisch, die Frage nach der physischen Beschaffenheit der Himmelskörper gehöre nicht in die Zuständigkeit der Astronomie. Der Pionier der Astrophysik Karl Friedrich Zöllner hingegen sprach von dem Unterschied zwischen der „bisherigen Astronomie“ und der Astrophysik. Von ihm stammt die bis heute gültige Definition der Ziele astrophysikalischer Forschungen: „War es die Aufgabe (der früheren Astronomie, D.B.H.) unter Voraussetzung der Allgemeinheit einer Eigenschaft der Materie (der Gravitation) alle Ortsveränderungen der Gestirne zu erklären, so wird es die Aufgabe der Astrophysik sein, unter Voraussetzung der Allgemeinheit mehrerer Eigenschaften der Materie, alle übrigen Unterschiede und Veränderungen der Himmelskörper zu erklären“<sup>1</sup>.

Zu einem vehementen Methodenstreit kam es auch bei der Entstehung der Soziologie als eigenständige Wissenschaftsdisziplin: Das Verstehen und Erklären sozialer Handlungen durch die Erfassung von Sinnzusammenhängen, wie sie Max Weber forderte, stand dem naturwissenschaftlichen Methodenideal gegenüber, das auf Kausalerklärung, Quantifizierung, Mathematisierung usw. setzte, wodurch sich der Streit schließlich auf die Gegenüberstellung von quantitativen und qualitativen Verfahren der Sozialforschung einengte. Bekanntlich haben sich die quantitativen Verfahren in der soziologischen Forschung weitgehend durchgesetzt. In der Wissenschaftsgeschichte ist ein solcher Streit niemals offen ausgetragen worden. Er erledigte sich von selbst und zwar einfach durch das Faktum, dass bis heute deskriptive Verfahren in der wissenschaftsgeschichtlichen Literatur weitgehend dominieren und quantitative Ansätze ein Schattendasein führen. Nach meiner Auffassung besteht die Zielstellung wissenschaftshistorischer

---

<sup>1</sup> K. F. Zöllner, Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper, Leipzig 1865, S. 316

Forschungen in der Erkundung von Regularitäten des Geschichtsprozesses. Das ist weit mehr als Ranke dereinst der Geschichtswissenschaft als Aufgabe zugeschrieben hat, nämlich festzustellen, „wie es eigentlich gewesen ist“<sup>2</sup>. Die Verfolgung von Regularitäten als Ziel historischer Forschung setzt allerdings beim Forscher die Überzeugung von der Existenz solcher Regularitäten voraus, d.h. sie impliziert die Annahme, Geschichte sei nicht allein eine Folge von mehr oder weniger zufälligen Erscheinungen, sondern ein Prozess, in dem Ursache-Wirkungsbeziehungen eine Rolle spielen.<sup>3</sup> Der Historismus hingegen sieht bekanntlich – ungeachtet der Anerkennung von leitenden Ideen in den verschiedenen Epochen – letztlich alle Epochen als in sich selbst ruhend und mit keiner anderen vergleichbar. Mit diesen unterschiedlichen Sichtweisen hängen auch ganz praktische Probleme zusammen. Wissenschaftshistoriographie kann nämlich nur im Rahmen von nachgewiesenen Gesetzen, Regeln oder Tendenzen für aktuelle Fragestellungen der Wissenschaftsanalyse wirksam werden, während der Historismus solche Anwendungen a priori ausschließt. Wer von Gesetzmäßigkeiten der Wissenschaftsgeschichte überzeugt ist, für den wird auch die Anwendung quantitativer Methoden nahe liegen. Dass dies nicht möglich sei, wie die entschiedenen Vertreter deskriptiver Forschung immer wieder behaupten, erscheint schon bei einem Blick auf die Geschichte selbst mehr als fragwürdig. Denn es ist bekannt, dass ein entscheidender Schritt für die Herausbildung der modernen Naturwissenschaft im Übergang von der qualitativen zur quantitativen Betrachtungsweise bestanden hat. Die Wissenschaftsentwicklung der neuesten Zeit zeigt uns, dass es eine ganze Reihe wissenschaftlicher Disziplinen gibt, die man noch unlängst für nicht mathematisierbar gehalten hat, die sich aber heute mit großem Erfolg mathematischer Methoden bedienen.

Zwar gibt es schon seit längerem Bestrebungen, die Wissenschaft selbst und ihre Entwicklung mit Maß und Zahl zu erfassen und mathematische Modellierungen für die Entwicklung des Wissenschaftsorganismus vorzunehmen. Doch von einem Siegeszug dieses Untersuchungsansatzes kann man keineswegs sprechen. Unter den ersten, die sich dem Phänomen der Wissenschaft auf diese Weise systematisch zu nähern versuchten, waren die US-Amerikaner Derek de Solla Price und Eugene Garfield sowie die Russen Vassilij Vassiljewitsch Nalimov und Gennadi Michailowitch Dobrov, ersterer mit seinem Buch „Little Science, Big Science“ von 1963<sup>4</sup> und letzterer mit seinem Buch „Nauka o nauke“ 1966, das 1969 unter dem Titel „Wissenschaftswissenschaft“ in deutscher Sprache erschien<sup>5</sup>.

Betrachtet man die Entstehung von Fachzeitschriften als einen Indikator für den Reifegrad einer Disziplin, so datiert die endgültige Etablierung der Wissenschaftsmetrik als eigenständiges Fachgebiet seit dem Jahre 1978. Denn damals erschien die erste Nummer des internationalen Journals „Scientometrics“.

Dobrov hat in seinem schon erwähnten Buch die Vorgehensweise der Wissenschaftsmetrik klar umrissen, als er schrieb: „Besonders aussichtsreich scheinen ... verschiedene Kombinationen von Kennziffern zu sein, die sich quantitativ fassen lassen ... Dabei muss die Aufmerksamkeit besonders auf die Ausarbeitung von Kennziffern gerichtet werden, die für die verschiedenen Zweige der Wissenschaft die größte Verallgemeinerungsfähigkeit aufweisen.“<sup>6</sup>

Da stets aufs neue die Aussagekraft der Kennziffern von Gegnern quantitativer Methoden in Zweifel gezogen wird, muss man deutlich feststellen, dass quantitative Angaben über geschichtliche Prozesse zwar objektive Fakten darstellen, aber nicht mit der objektiven Wahrheit identisch sind.

---

<sup>2</sup> V. Ranke, L., Vorrede zur Geschichte der germanischen und romanischen Völker von 1494 bis 1535, in: ders., Sämtliche Werke, Bd. 53/54, 2. A., Leipzig 1874, S. VII

<sup>3</sup> Bialas, V., Allgemeine Wissenschaftsgeschichte. Philosophische Orientierungen. Wien-Köln, 1990, S. 61 f.

<sup>4</sup> De Solla Price, D., Little Science, big Science, New York, London 1963

<sup>5</sup> Dobrov, G. M., Wissenschaftswissenschaft, Berlin 1969

<sup>6</sup> Ebd., S. 19

Zahlen und Zahlenreihen spiegeln nicht die historische Totalität wider, geben keinen unmittelbaren Aufschluss über die Ursachen und Zusammenhänge, obwohl sie zur Erkenntnis der Totalität von Prozessen wesentlich beizutragen vermögen. Das richtige Lesen von Zahlenreihen in Bezug auf wissenschaftshistorische Vorgänge ist eine Kunst, für die es keine fertigen Rezepte gibt. Der Naturwissenschaftler hat im Umgang mit Messdaten eine bestimmte Methode des Lesens von Diagrammen erlernt, deren bedenkenlose Anwendung auf historische Prozesse keineswegs angezeigt ist.

Als wir im Jahre 1970 die Forschungsabteilung für Astronomiegeschichte an der Archenhold-Sternwarte einrichteten, wurde ein strategisches Projekt für die in Aussicht genommenen Untersuchungen erarbeitet, in dem scientometrische Studien zur Astronomieentwicklung von vornherein einen großen Raum einnahmen<sup>7</sup>. In der internationalen Literatur finden sich für die vergangenen Jahrzehnte viele interessante Versuche, die Astronomiegeschichte durch quantitative Angaben zu bereichern.

Die Anzahl der Autoren von Studien zu astronomiehistorischen Problemen war damals und ist auch heute vergleichsweise gering und die am häufigsten untersuchte Kennziffer ist der wissenschaftliche Output der Astronomie insgesamt, aber auch der einzelner Forscher. Gerade diese Kennziffer ist nun aber hinsichtlich ihrer Aussagekraft in vieler Hinsicht fragwürdig, weil die Produktivität allein noch keinerlei Aussagen über die Qualität enthält – besonders heutzutage, wo der enorme Publikationsdruck oftmals zu übereilten Veröffentlichungen oder Mehrfachpublikationen derselben Resultate führt oder auf Grund hierarchischer Strukturen im Wissenschaftsbetrieb Namen als Autoren erscheinen, die gar nicht die eigentlichen Urheber der Publikation sind. So stellen z. B. Davou und Schmadel in einer Studie fest, dass die sogenannten superproduktiven Autoren der Astronomie mit mehr als 50 Veröffentlichungen in einer 5-Jahresperiode dem Namen nach zwar den meisten bekannt sind, aber z. B. kein einziger Nobelpreisträger unter ihnen zu finden ist. Eine detaillierte Betrachtung einzelner superproduktiver Autoren ergab vielmehr, dass unter ihnen zwei vielschreibende Amateurastronomen, ein Verfasser populärwissenschaftlicher Artikel und ein Autor waren, der ausschließlich Daten über veränderliche Sterne veröffentlicht hat<sup>8</sup>.

In einer eigenen Untersuchung konnte ich zeigen, dass wir in den vergangenen Jahrzehnten bei einem starken Anwachsen der Publikationen auf dem Gebiet der Astronomie gleichzeitig ein Absinken der Anzahl bedeutender Beiträge und Entdeckungen feststellen (Abb.1)<sup>9</sup>. Der wissenschaftliche Fortschritt wächst offensichtlich bedeutend langsamer als die Gesamtzahl der Publikationen. Diese unbestreitbare Tatsache gibt Raum für vielerlei Deutungsversuche, auf die ich hier verzichten muss. Dennoch erinnern mich diese Resultate an einen Ausspruch meines einstigen Diplomvaters, des Röntgen-Schülers und einstigen Präsidenten unserer Akademie, Walter Friedrich, der auf der Höhe seiner Karriere ein Forschungsinstitut mit etwa 1000 Mitarbeitern dirigierte. Er erklärte mir 1962 in seinem unverfälschten Berlinerisch: „Bei Röntgen war'n wa drei Leute und wat haben wir nich allet entdeckt. Heute habe ick 1000 Leute – entdeckt wird jarnischt!“. Jedenfalls verleitet die Zählung des outputs leicht zu Fehleinschätzungen, während dieselben Zahlen – in Verbindung mit Bedeutungskriterien der Inhalte – sehr viel weiter reichende Einsichten vermitteln können.

<sup>7</sup> Herrmann, D. B. u. D. Wattenberg, Die Geschichte der Astronomie als Aufgabe der Forschung und Popularisierung, *Blick in das Weltall* 18 (1970) 40-50

<sup>8</sup> Davoust, E. u. L. D. Schmadel, A Study of the Publishing Activity of Astronomers since 1969, *Scientometrics* 22 (1991) No.1, 9-39

<sup>9</sup> Herrmann, D. B., *Astronomie im 20. Jahrhundert*, *Die Sterne* 60 (1984) 284-290 (Wieder abgedruckt in Ders., *Astronomiegeschichte. Ausgewählte Beiträge zur Entwicklung der Himmelskunde*, Berlin-Frankf./M. 2004, nachf. Abgek. AG, S. 214 ff. Engl. Fassung in *Scientometrics* 9 (1986) 187-191

Behutsam ist auch mit den sogenannten Zitierungshäufigkeiten umzugehen – einer Kennziffer, die sich bereits international als Kriterium der Wirksamkeit einer wissenschaftlichen Publikation etabliert hat. Dass Selbstzitationen ausgeschlossen werden müssen, versteht sich von selbst. Gefälligkeitszitationen sind aber schon praktisch statistisch nicht mehr zu erfassen. Der schwerwiegendste Einwand gegen die bedenkenlose Benutzung des Science-Citation-Index besteht jedoch in der Auswahl der Publikationsorgane, die vom Science-Citation-Index überhaupt berücksichtigt werden. Alle anderswo publizierten und zitierten Arbeiten bleiben nämlich unbeachtet. Das inzwischen verfügbare „Web of Science“ vermeidet diese Mängel zum Teil. Es reicht aber nur bis 1991 zurück. Mit Sicherheit hätte man es also nicht verwenden können, um die wichtigsten Publikationen der Astronomie des 20. Jahrhunderts, die sog. seminal contributions, zu finden.

Was können wir daraus schließen? Nicht etwa, dass quantitative Untersuchungen irrelevant für die Wissenschaftsgeschichte sind, sondern lediglich, dass die Definition von Kennziffern und die Analyse ihrer Aussagekraft einer höchst kritischen Aufmerksamkeit bedarf.

Anhand weniger ausgewählter Beispiele aus eigenen quantitativen Untersuchungen möchte ich nun zeigen, welche Fragestellungen meines Erachtens u. a. in den Gegenstandsbereich metrischer Forschungen gehören und mit welchen Erkenntnissen diese unser Bild historischer Prozesse bereichern können.

### **Organisches Wachstum: Das Sternwartengründungsgesetz (SWG)**

Sternwarten waren während eines längeren historischen Zeitraums die Hauptproduktionsstätten astronomischen Wissens. Obschon jede einzelne Sternwarte eine sehr individuelle Institution ist, die sich eine von der anderen in manchem unterscheiden, können wir sie aber auch unter dem Gesichtspunkt ihrer Gemeinsamkeiten als Mitglieder eines statistischen Ensembles auffassen. Das berechtigt zu der Frage nach ihrer quantitativen Entwicklung. Anhand eines sorgfältigen Verzeichnisses aller Sternwarten seit dem Jahre 1560 ergab sich eine zeitliche Verteilung der Sternwartengründungen. Doch erst in der kumulativen Darstellung zeigte es sich, dass wir es hier mit einem exponentiellen Wachstum zu tun haben (Abb.2)<sup>10</sup>. Es ergab sich eine gute quantitative Übereinstimmung der realen Anzahlen von Sternwarten mit der einfachen mathematischen Formel  $N_t = N_0 \cdot e^{0,02 \cdot t}$ . Da es sich hierbei um einen statistischen Prozess handeln musste, simulierte ich das SWG experimentell durch ein radioaktives Präparat. Die Formel des SWG entspricht dem reziproken Zerfallsgesetz radioaktiver Elemente. Es zeigte sich, dass die Übereinstimmung im Falle der Sternwarten sogar noch besser war als im Falle der radioaktiven Atome<sup>11</sup>.

Die Zahl der Sternwarten ist also gewachsen, wie in der Natur die Zellen eines Blattes oder die Mikroben einer Bakterienkultur. Die Astronomie verhielt sich also während eines beträchtlichen historischen Zeitraums wie ein Organismus im Wachstum. Die Sternwartengründungen stellen demnach eine erstaunlich genaue Anpassung der internationalen Astronomie an die Geschwindigkeit der Problementstehung dar. Von jeder entstandenen Sternwarte gehen durch die Tätigkeit einer solchen Institution entsprechende Impulse zur Entstehung neuer Sternwarten aus.

Das Bestehen des Gesetzes impliziert eine Reihe von Fragen, die wir teilweise untersucht haben, so z.B. die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Sternwarten und der des wissenschaftlichen outputs oder der des Brutto-Sozialprodukts u.a.<sup>12</sup>. Bei der näheren Untersuchung dieser Probleme zeigte es sich, dass der Reichtum einer Gesellschaft erstaunlich präzise mit der

<sup>10</sup> Herrmann, D. B., Zur Statistik von Sternwartengründungen im 19. Jahrhundert, *Die Sterne* 49 (1973) H.1, 48-52 (= AG, S. 186 ff). Engl. Fassung in *Journal for the History of Astronomy* 4 (1973) 57 f.

<sup>11</sup> Ders., Sternwartengründungen, Wissensproduktion und ökonomischer Fortschritt, *Die Sterne* 51 (1975) 228-234 (= AG, S. 192 ff)

<sup>12</sup> Ebd.

Sternwartenenwicklung korreliert.

Im Output hingegen ist zwischen intensiven und extensiven Inhalten zu unterscheiden. Exponentielles Wachstum finden wir überall (für den betrachteten Zeitraum), jedoch mit unterschiedlichen Exponenten des Wachstums. Als Beispiele dienen die Anzahl der Sternpositionen in Katalogen, die Anzahl der jeweils bekannten Eigenbewegungen von Sternen, die Anzahl bekannter Radialgeschwindigkeiten, Parallaxen und veränderlicher Sterne nach Mineur<sup>13</sup>. Auch lässt sich eine parallele Entwicklung der jeweils größten freien Öffnungen der astronomischen Teleskope mit dem Realnationaleinkommen je Einwohner der betreffenden Länder feststellen. Nach G. de Vaucouleurs besteht die Beziehung

$$\log D = 1,0 + 0,77 (\log R - 0,7),$$

worin D die jeweils größten Durchmesser der Teleskope und R das Realnationaleinkommen je Einwohner bedeuten<sup>14</sup>.

### **Die Rolle der Technik**

Eine Studie über Erkenntnisfortschritt und Technik in der Astronomie<sup>15</sup> ging der Frage nach, welche Rolle die astronomische Beobachtungstechnik für den Erkenntnisgewinn in der jüngeren Astronomiegeschichte spielt. Dazu wurden die 160 im „Source Book of Astronomy and Astrophysics 1900 – 1975“ abgedruckten sog. „seminal contributions“<sup>16</sup> hinsichtlich der Rolle der Technik bei ihrer Erarbeitung grob klassifiziert in solche Beiträge, die entscheidend dem Einsatz technischer Hilfsmittel zu verdanken sind (Kat. A) und solche, die im Wesentlichen ohne technische Hilfsmittel entstanden (Kat. B). Klassische Beispiele für ersteres ist die Arbeit „Cepheids in spiral nebulae...“ von E. Hubble (1925), in der Hubble aufgrund der Perioden-Helligkeitsbeziehung von veränderlichen Sternen die Entfernung der Andromeda-Galaxie bestimmte. Ein Prototyp für letztere ist die Arbeit „On the Theory of Stars“ von L. D. Landau (1932), die aufgrund theoretischer Überlegungen die später entdeckten Neutronensterne vorhersagt. Generell ergab sich eine annähernde Gleichverteilung der Arbeiten der beiden Kategorien als Durchschnitt im betrachteten Zeitraum. Die Rhythmik der Gesamtverteilung zeigt jedoch signifikante Abweichungen in der Gleichverteilung. So überwiegen die Beiträge der Kategorie A deutlich von 1900 – 1914 (10 : 4) und nach dem II. Weltkrieg (49 : 29). In der jüngsten Vergangenheit des Betrachtungszeitraumes 1960 – 1975 beträgt das Verhältnis sogar 25 : 6. Vergleicht man den Anteil der Arbeiten der Kategorie A für die Zeitspanne 1900 – 1954 mit jenen der Zeitspanne von 1955 – 1975 unter Beachtung des Alters der Technik, so ist die außerordentlich große Bedeutung neuer und neuester Beobachtungstechnik als Voraussetzung hervorragender Forschungsergebnisse für den jüngsten Zeitabschnitt der Astronomiegeschichte zu erkennen (Abb.3). Hierbei spielt auch die Tatsache eine Rolle, dass in zunehmendem Maße Ergebnisse astronomischer und astrophysikalischer Forschung z. B. in der Planetologie, aber nicht nur dort, durch den Einsatz von Raumfahrt-Hilfsmitteln gewonnen wurden, die jeweils die neueste für die Ermittlung der Resultate erforderliche Technik darstellen. Die Dominanz neuester Technik in der jüngsten Etappe der Forschung wurde unlängst auch von Martin Harwit gefunden. Er analysierte die

<sup>13</sup> Mineur, H., *Histoire de l'Astronomie stellaire jusqu'a l'Epoque contemporaine* (= *Actualités scientifiques et industrielles* 115, Paris 1934, insbes. S. 50 ff)

<sup>14</sup> De Vaucouleurs, D., *Progrès économique et progrès astronomique*, *L' Astronomie* 63 (1949) 294 ff

<sup>15</sup> Herrmann, D. B., *Erkenntnisfortschritt und Technik in der modernen Astronomie*, NTM-Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin 22 (1985) 2, 101-105 (= AG, s.223 ff)

<sup>16</sup> Lang, K. R. and O. Gingerich (Ed.), *A Source Book of Astronomy and Astrophysics 1900-1975*, Cambridge/Mass. and London (England) 1979

Entdeckung von insgesamt 43 kosmischen Phänomenen, benutzte also eine von der unseren recht unterschiedliche Methode. Obschon er keine präzise Definition eines „Kosmischen Phänomens“ gibt, stellte Harwit 43 Objekttypen und Erscheinungen zusammen, die in den meisten astronomischen Nachschlagewerken und Texten als bedeutend bezeichnet werden. Als Beispiele aus Harwits Liste seien genannt Kometen, Asteroiden, Kugelsternhaufen, Riesen- und Hauptreihensterne, Quasare, Gammastrahlen-Hintergrund. Harwits Phänomene verteilen sich auf die gesamte Astronomiegeschichte von der Antike bis in die jüngste Vergangenheit. Harwit stellt fest, dass ein erheblicher Teil der von ihm aufgelisteten Phänomene weniger als 5 Jahre nach der Einführung jener Verfahren entdeckt wurde, die für die Entdeckung wesentlich waren. Vor 1954 sei der zeitliche Abstand zwischen Innovation und Entdeckung eher länger gewesen<sup>17</sup>. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Feststellung, dass im Verhältnis von technikbasierten und theoriebasierten Resultaten deutliche Schwankungen auftreten, in denen jedoch die soeben beschriebene Haupttendenz wiederkehrt.

### **Quantifizierte Erfassung der Bedeutung von Gelehrten für ein Fachgebiet**

In einer Studie aus dem Jahre 1976 habe ich den Versuch unternommen, eine quantitative Größe für den qualitativen Begriff der Bedeutung eines Gelehrten für die Entwicklung seines Forschungsgebietes zu definieren. Dabei habe ich im Unterschied zu anderen Ansätzen weder auf die sogenannte Produktivitäts-Kennziffer zurückgegriffen, deren Fragwürdigkeit bereits verdeutlicht wurde, noch auf die Zitierungs-Häufigkeiten. Als Basis meiner Messungen benutzte ich vielmehr die wissenschaftliche Monografie. Sie ist definitionsgemäß die Darstellung eines wissenschaftlichen Problems oder Fachgebiets mit dem konkreten Ziel einer allseitigen gründlichen und abschließenden Analyse. Die Bedeutung eines Gelehrten für sein Fachgebiet wird aus der relativen Häufigkeit der Nennung der Namen im Personenregister abgeleitet<sup>18</sup>. Diese Kennziffer ist unabhängig von Produktivitäts- oder Zitierungs-Häufigkeiten. Trägt man die Anzahl der Autoren eines Personenregisters einer Monografie in Prozent nach ihren Zitierungs-Häufigkeiten geordnet über die Anzahl der Zitierungen auf (Zitierungs-Häufigkeitsfunktion), so ergeben sich unabhängig von Inhalt, Umfang und absoluten Zahlen auffallend ähnliche Verteilungen. Die ins Auge fallenden Charakteristika dieser Verteilungen sind: die sprunghafte Abnahme der prozentualen Anzahl der Autoren bei nur wenigen Zitierungen je Autor, anschließend geringe und von Schwankungen begleitete Abnahme der prozentualen Anzahl der Autoren bei größeren bei größeren Zitierungs-Anzahlen sowie gleichbleibend geringe prozentuale Anzahl der Autoren bei noch größeren Zitierungs-Anzahlen, die mit dem Auftreten von „Lücken“ verbunden sind (Abb. 4). Übereinstimmend mit den neueren Ergebnissen der statistischen Produktivitäts-Analyse wird auf der Grundlage der Zählungen eine Einteilung der Gelehrten in Bedeutungsklassen nahe gelegt. Die Klasse I lassen wir dort enden, wo die rasche Abnahme der prozentualen Anzahl der Autoren in eine langsamere, von Schwankungen begleitete, übergeht. Die Klasse III lassen wir dort beginnen, wo die Lücken auftreten, während die Klasse II alle dazwischen liegenden Werte umfasst. Die Auswertung von 11 Monografien mit insgesamt 2813 zitierten Autoren im Personenregister und 8610 Zitierungen ergibt dann für die 3 Klassen folgende Charakteristika:

---

<sup>17</sup> Harwit, M., Die Entdeckung des Kosmos, Zürich 1983, insbes. S. 31 ff

<sup>18</sup> Herrmann, D. B., Eine Methode zur Messung der Bedeutung von Naturwissenschaftlern, Mitteilungen der Archenhold-Sternwarte 6 (1976) Nr. 126 (= AG, S. 200-206)

Klasse	$G_A$	$G_Z$	B
I	80,8±5,08	44,6±12,2	0,53±0,12
II	12,8± 5,1	23,7±7,2	1,84±0,36
III	6,1±1,6	32,2±9,9	5,35±1,31

**Tabelle 1** Statistische Charakteristika der drei Bedeutungsklassen

$G_A$  – Gesamtanzahl der Autoren der jeweiligen Klasse in % mit Standardabweichung

$G_Z$  – Gesamtanzahl der Zitierungen der Autoren der jeweiligen Klasse in % mit Standardabweichung

B – Mittlere Bedeutungskennziffer  $B = Z' \cdot G_A / 100$  mit Standardabweichung

( $Z'$  = relative Nennungshäufigkeit der betreffenden Person in Prozent,  $G_A$  = Gesamtzahl der im Personenregister genannten Namen)

Hiernach lassen sich die Klassengrenzen durch bestimmte Intervalle der Bedeutungskennziffern definieren, indem die obere oder untere Grenze der Bedeutungskennziffern jeweils für die in der Tabelle angegebenen Umfänge an Autoren in Prozent berechnet wird. Man findet dann

$$\text{Klasse I: } 0,01 \leq B \leq 0,77$$

$$\text{Klasse II: } 0,78 \leq B \leq 2,99$$

$$\text{Klasse III: } 3,00 \leq B \leq ?$$

Das größte B wurde bisher für Albert Einstein gefunden und beträgt  $B = 22$  nach der monografischen Darstellung „Relativität und Kosmos“ von H.-J. Treder, Berlin-Braunschweig-Oxford 1968. Um zu überprüfen, ob der Einteilung in 3 Bedeutungsklassen ein realer Wert zukommt, wurde die Signifikanz in verschiedenen Klassen nach dem student-t-Test untersucht. Dabei wurde vorausgesetzt, dass die bei der Abfassung der Monografie vorgenommenen Wertungen der einzelnen Gelehrten, die sich entsprechend im Personenregister niederschlagen, in den verschiedenen Monografien als jeweils voneinander unabhängige Messwerte betrachtet werden können, die sich entsprechend einer Normalverteilung um einen „wahren Wert“ gruppieren. Der Test wurde für die Anzahl der Autoren in Prozent und für die Anzahl der Zitierungen in Prozent für alle Klassen durchgeführt. Jeder Mittelwert mit einer Standardabweichung geht aus 11 Einzelmessungen hervor. Es ergab sich, dass sich die 3 Klassen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 Prozent signifikant voneinander unterscheiden. Die geringe Standardabweichung des Umfanges der einzelnen Klassen weist darauf hin, dass wahrscheinlich gesetzmäßig rund 81 Prozent der Gelehrten der Klasse I, rund 13 Prozent der Gelehrten der Klasse II und 6 Prozent Gelehrte der Klasse III für den Aufbau und die Entwicklung wissenschaftlicher Gebiete erforderlich sind. Die spätere Ausweitung der Anzahl der untersuchten Monographien auf mehr als 50 Titel hat die gefundenen Zusammenhänge ausnahmslos bestätigt.

Weist man den einzelnen Bedeutungskennziffern die jeweilig auftretenden Namen zu, so findet man unter Berücksichtigung anerkannter Wertung durch kompetente Gelehrte oder Historiker Erstaunliches: Innerhalb der Bedeutungsklasse 3 liegen alle Pioniere eines Fachgebietes – und nur die Pioniere. Die Grenze zwischen der zweiten und dritten Klasse ergibt sich hinsichtlich der Bedeutungskennziffer für B gleich 3,0. In allen bisher untersuchten Monografien konnten die Pioniere nach dem eben dargelegten Verfahren zuverlässig ermittelt werden. Beim Vorhandensein eines Personenregisters in der Monografie nimmt die Feststellung der Pioniere unter Verwendung eines elektronischen Taschenrechners höchstens zwanzig Minuten in Anspruch, ohne dass die jeweilige Kenntnis des Sachgebietes und seiner Geschichte erforderlich sind. Dadurch eröffnet das Verfahren die Möglichkeit, z.B. unter Verzicht auf hochspezialisierte Kenner der jeweiligen Gebiete und stattdessen etwa durch den Einsatz von Studenten zahlreiche Querverbindungen zur Problematik bedeutender Gelehrter aufzuklären, z.B. zu der durchaus aktuellen Frage des

Verhältnisses von Produktivität und Bedeutung. Da hierüber bis heute nur Annahmen bestehen, die aber in den inzwischen weit verbreiteten Ranking-Erhebungen zur Grundlage weitreichender Entscheidungen gemacht werden, könnte das Verfahren ganz praktische Konsequenzen haben.

Stichproben zeigen, dass die gewonnenen Verteilungen wahrscheinlich unabhängig vom spezifischen Fachgebiet für alle Naturwissenschaften gelten. Die bisherige Anwendung des Verfahrens auf verschiedene astronomiehistorische Problemstellungen brachte interessante Ergebnisse. Bei der Untersuchung der Disziplingenese der Astrophysik zeigte sich z.B., dass die mittleren Bedeutungsziffern aller Autoren astrophysikalischer Arbeiten in den „Astronomischen Nachrichten“ für den Zeitraum 1864 – 1899 deutliche Abweichungen von der Normalverteilung zeigen. Der Anteil der Pioniere ist anfänglich 2 Mal so hoch wie normal. Der überdurchschnittlich hohe Anteil von Pionieren bleibt bis zum Ende des Jahrhunderts auffallend hoch, was für spätere Entwicklungsphasen nicht mehr gilt. Die herausragende Rolle des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam für die Entwicklung der Astrophysik in Deutschland schlägt sich ebenfalls in hohen Bedeutungsziffern der Mitarbeiter nieder, die sogar noch über dem ohnehin erhöhten Anteil unter allen astrophysikalischen Autoren liegt<sup>19</sup>. Man kann damit belegen, dass internationale Spitzenstellungen von Instituten tatsächlich durch eine große Anzahl dort tätiger Spitzenwissenschaftler entstehen.

Vergleichende Studien über die Genesis anderer wissenschaftlicher Disziplinen könnten aufzeigen, ob es sich hierbei um ein allgemeines Gesetz der Disziplingenese handelt. Leider wurden solche Studien aber bisher nur in bescheidenem Umfang unternommen.

### **Prosopographische Untersuchungen**

Eine interessante Methode der Geschichtsforschung, die von Astronomiehistorikern meines Wissens noch gar nicht entdeckt wurde, ist die Sammelbiografie, die sich in der allgemeinen Historiografie längst bewährt hat. Hierbei handelt es sich um die „Untersuchung der allgemeinen Merkmale des Werdegangs einer Gruppe von handelnden Personen der Geschichte durch ein zusammenfassendes Studium ihrer Lebensläufe“<sup>20</sup>. Auf diese Weise lassen sich Zusammenhänge erkennen, innere Wechselbeziehungen aufdecken und ihr Verhältnis zu anderen Aktionsmustern überprüfen. Dabei stehen gleichartige Fragen an die jeweiligen Biografien im Vordergrund, so z.B. Motivation, soziale Herkunft, Stellung zur Religion, persönlicher Reichtum, Familienverhältnisse u. a. Die vergleichsweise Homogenität solcher Gruppen wird innerhalb enger historischer und geografischer Räume wahrscheinlich am größten sein. Aber auch zeit- und ortsübergreifende Gruppen können Invarianten aufweisen, deren Entdeckung vertiefte Einblicke in die Geschichte der Wissenschaft ermöglichen würde.

Die Geschichte der Wissenschaft ist ein höchst komplex eingerichtetes Gebäude menschlicher Aktivitäten, in dem die unterschiedlichsten Individuen unter verschiedenartigsten Umständen des Ortes und der Zeit am Werke sind. Hat nicht Johannes Kepler die Wege, auf denen Menschen Einsichten in die Natur der Dinge erlangen, ebenso bewunderungswürdig gefunden wie diese Dinge selbst? Um aus dem historischen Material eine Vorstellung über das Wesen von Forschen, Erkennen und Entdecken abzuleiten, also letztlich über das Wesen von Wissenschaft, müssen wir aufklären „wie es eigentlich gewesen“ ist. Doch außerdem muss ein Element konstruktiver gedanklicher Aktivität hinzukommen. Dazu ist es allerdings unabdingbar, dass die Historiker sich verstärkt neuen Fragen zuwenden, z. B. sozialgeschichtlichen Hintergründen und

<sup>19</sup> Herrmann, D. B. Und J. Hamel, Zur Frühentwicklung der Astrophysik. Das internationale Forscherkollektiv (1865-1899), NTM-Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin 12 (1975) 1, S. 25-30 (= AG, 105-111)

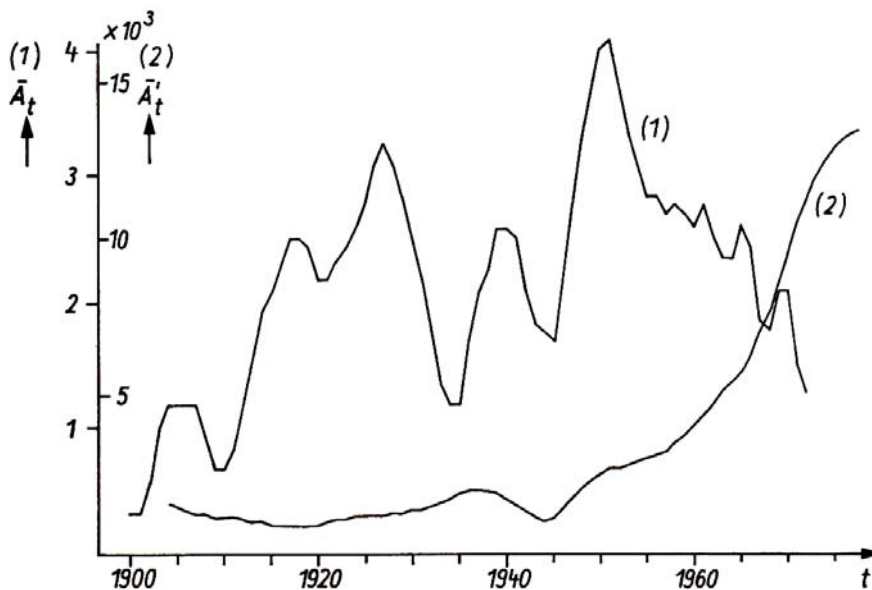
<sup>20</sup> Stone, L., Prosopographie – englische Erfahrungen, In: Jaraus, K. H. (Hrsgb.), Quantifizierung in der Geschichtswissenschaft, Düsseldorf 1976, S. 64 ff



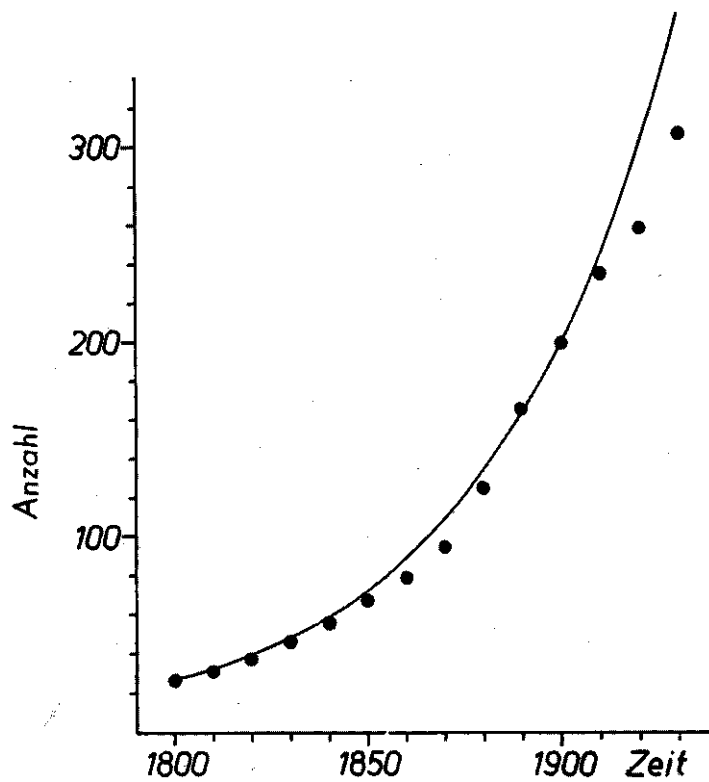
Beziehungsgeflechten von Wissenschaft, Wechselwirkungsprozessen mit anderen gesellschaftlichen Entwicklungen, wie z. B. Technik, kulturgeschichtliche Methoden u. a. Das ist in der jüngeren Vergangenheit auch unübersehbar geschehen. Doch schon beim Aufwerfen entsprechender Fragen erkennt man auch heute noch, wie dürftig die Materiallage hinsichtlich ihrer Beantwortbarkeit beschaffen ist. Daraus erwachsen also zwangsläufig auch neue Impulse für eine möglicherweise fachübergreifende Quellenforschung. Dass dabei quantitative Untersuchungen eine größere Rolle als derzeit spielen müssen, scheint mir sicher. Für ebenso sicher halte ich es allerdings auch, dass bei der Vorbereitung, bei der Ergebnisinterpretation und bei der Hypothesenbildung qualitative Methoden unverzichtbar sind.

Adresse des Verfassers: [dbherrmann@astw.de](mailto:dbherrmann@astw.de)

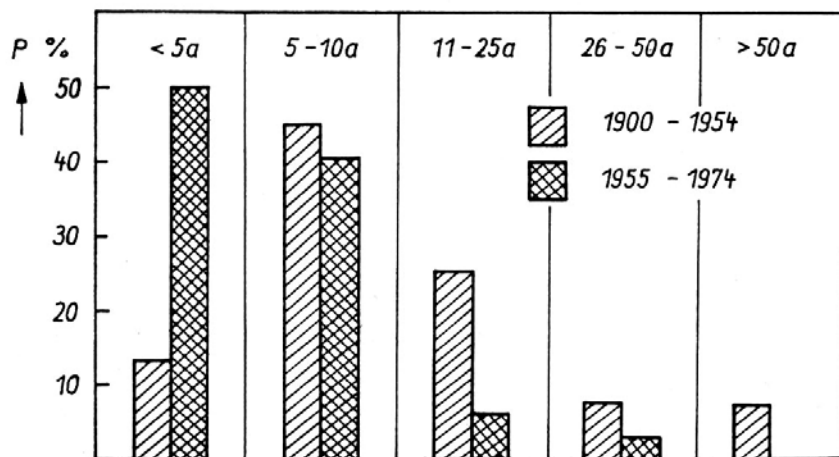
### Abbildungen



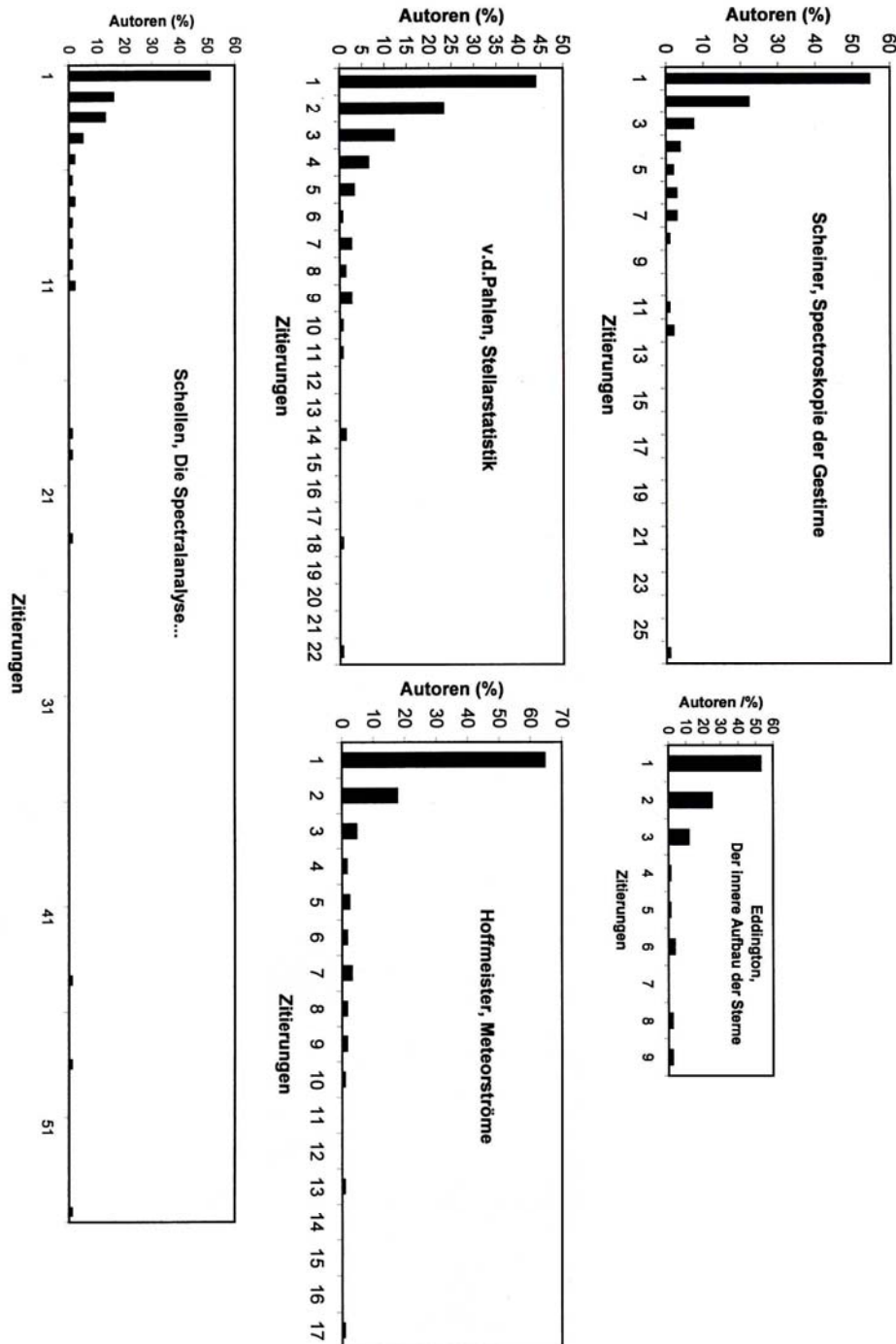
**Abb. 1** Zeitliche Verteilung der Beiträge im *Source Book of Astronomy and Astrophysics* 1900 – 1975 (Kurve 1) (siehe Fußnote 16) und zeitliche Verteilung aller Publikationen (Kurve 2) nach Bildung gleitender Mittel. In die Bestimmung der Mittelwerte für die Beiträge eines Jahres wurden die Beiträge für drei vorangehende und drei nachfolgende Jahre einbezogen, wobei die beiden Eckdaten jeweils das Gewicht 1, die anderen das Gewicht 2 erhielten. Veränderungen der Wichtungen und der übergreifenden Zeiträume änderten nichts an der Charakteristik der beiden Kurven.



**Abb. 2** Anzahl der insgesamt gegründeten Sternwarten als Funktion der Zeit. Durchgezogene Kurve – e-Funktion mit  $\alpha = 0,02$  und  $N_0 = 26$ ; Eingezzeichnete Punkte – ermittelte Anzahl der bis zum jeweiligen Jahr tatsächlich gegründeten Sternwarten



**Abb. 3** Das Alter der erforderlichen Technologie zum Zeitpunkt des Erscheinens der untersuchten Arbeiten des „Source Book“ (siehe Fußnote 16). P bedeutet den Anteil der Arbeiten in % aller Arbeiten



**Abb. 4** Anzahl der Autoren in % über der Anzahl der Zitierungen  
 Quellen: J. Scheiner, *Die Spectralanalyse der Gestirne*, Leipzig 1890 – A.S. Eddington, *Der innere Aufbau der Sterne*, Berlin 1928 – E. v.d. Pahlen, *Lehrbuch der Stellarstatistik*, Leipzig 1937 – C. Hoffmeister, *Meteorströme*, Weimar 1948 – H. Schellen, *Die Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf die Stoffe der Erde und die Natur der Himmelskörper, Abt. 3: Die Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf die Himmelskörper*, Braunschweig 1870