

Dieter B. Herrmann

Quantitative Methoden in der Astronomiegeschichte

Ich erneuere heute einen Gedankenanstoß, der bereits im Jahre 1970 Pate bei der Einrichtung unserer Forschungsabteilung für Astronomiegeschichte an der Archenhold-Sternwarte gestanden hat. Dass ich diese Thematik nach über 30 Jahren wieder aufgreife, hat vor allem einen Grund: Der damalige impetus ist weder national noch international meinen Erwartungen entsprechend weiter verfolgt worden, obwohl sich hinsichtlich seiner Begründung keinerlei Verschleißerscheinungen erkennen lassen – eine Merkwürdigkeit, die schwer zu erklären ist.

In einem Beitrag, den ich damals gemeinsam mit Diedrich Wattenberg, dem Initiator der Forschungsabteilung, zu ihrer Gründung geschrieben hatte, heißt es u. a.: „Innerhalb der Wissenschaftsgeschichte müssen völlig neue Methoden ausgearbeitet werden, um diejenigen Kenntnisse bereitzustellen, die im Rahmen der aktuellen Fragestellungen benötigt werden. Es ist bekannt, daß ein entscheidender Schritt für die Herausbildung der modernen Naturwissenschaft der Übergang von der qualitativen zur quantitativen Betrachtungsweise gewesen ist. 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. Man ist derzeit bemüht, auch Entwicklungsprozesse der Wissenschaft mit Maß und Zahl zu erfassen und mathematische Modelle für die Entwicklung des Wissenschaftsorganismus zu entwerfen. ... Für die Akzeptierung dieser Art der Forschung als einer neuen Möglichkeit des Eindringens in die Gesetze der Geschichte ist jedoch ein Umdenken erforderlich, das Dobrov mit den Worten kennzeichnet: ‚Die Historiker müssen von der kontemplativen und beschreibenden Position zur aktiven wissenschaftlichen Analyse der historischen Erfahrungen übergehen und möglichst intensiv an den vielseitigen Prozessen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung teilnehmen‘“ [1].

Doch die Vorbehalte selbst unter Kollegen mit Weitblick scheinen beträchtlich: Als ich im Februar 1969 in Potsdam meine Dissertation verteidigte, befand sich auch Hans-Jürgen Treder unter den Zuhörern. Die weitgehend deskriptive Behandlung meiner Thematik enthielt u.a. eine Reihe von aussagekräftigen quantitativen Resultaten, von denen ich annahm damit bei Treder einen besonders guten Eindruck zu hinterlassen. Doch es kam ganz anders. Während er den beschreibenden, quellenkundlichen Teil meiner Arbeit lobte, wischte er die mühevoll erarbeiteten quantitativen Ergebnisse mit der kurzen Bemerkung vom Tisch, man könne keine Literaturgeschichte nach der Auflagenhöhe der Bücher schreiben.

Der tiefere Hintergrund dieser Bemerkung liegt meines Erachtens in dem Verständnis von Geschichte als einer geisteswissenschaftlich orientierten Disziplin. Auch verbarg sich wohl hinter Treders Aperçu das Missverständnis, die Auflagenhöhe eines Romans könne als Grundlage für dessen Wertung dienen, was natürlich nicht möglich ist. Vielmehr kommt es bei jeder quantitativen Untersuchung wissenschaftsgeschichtlicher Vorgänge darauf an, geeignete Kennziffern zu finden, die das Wesen der jeweils untersuchten Erscheinung möglichst adäquat zum Ausdruck bringen. Einer der Pioniere der Wissenschaftsforschung, der schon zitierte russische Gelehrte Gennadi Michailowitsch Dobrov bemerkte in diesem Zusammenhang in seinem 1966 erschienenen Buch „Nauka o Nauke“ (deutsch: Wissenschaftswissenschaft 1969): „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.“ [2] Ähnliche Äußerungen kennen wir auch von dem amerikanischen Pionier der Science of Science, Derek Solla Price. 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. 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. In der internationalen Literatur finden sich für die vergangenen Jahrzehnte viele interessante Versuche, die Astronomiegeschichte durch quantitative Angaben zu bereichern. Ein Gradmesser für die Entwicklung eines Fachgebietes als eigenständige Disziplin sind bekanntlich die Fachzeitschriften. Insofern ist es bemerkenswert, dass im Herbst des Jahres 1978 das erste Heft der Zeitschrift „Scientometrics“ erschien, ein internationales Journal für alle quantitativen Aspekte der Science of Science und der Science Policy. Unter den Herausgebern finden sich die Namen der führenden Wissenschaftler auf diesem Gebiet, wie Dobrov, Solla Price und Garfield.

Die Anzahl der Autoren von Studien zu astronomiehistorischen Problemen ist 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 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 veröffentlichte [3].

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. 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 Walter Fried-

rich, eines Röntgen-Schülers, der auf der Höhe seiner Karriere ein Forschungsinstitut mit 1000 Mitarbeitern dirigierte. Er sagte mir 1962 in seinem unverfälschten berlinerisch: „Bei Röntgen waren wir 3 Leute und wat haben wir nich allet entdeckt. Heute habe ick 1000 Leute – entdeckt wird jar nischt!“. 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.

Die bedenkenlose Wertung von Publikationszahlen als Qualitätskriterium schadet daher auch der Akzeptanz quantitativer Methoden in der Wissenschaftsgeschichte überhaupt. Ähnlich behutsam ist 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 erfasst werden. Alle anderswo publizierten und zitierten Arbeiten bleiben nämlich unberücksichtigt. Ich bezweifle, dass die 160 wichtigsten Publikationen der Astronomie des 20. Jahrhunderts, die sogenannten seminal contributions, die im „Source Book of Astronomy and Astrophysics“ enthalten sind, mit Hilfe des Science-Citation-Index hätten gefunden werden können. Auf unserem eigenen Gebiet, der Astronomiegeschichte, können wir vom Science-Citation-Index kaum profitieren.

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 höchster 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.

Eine Studie über Erkenntnisfortschritt und Technik in der Astronomie [4] ging der Frage nach, welche Rolle die astronomische Beobachtungstechnik für den Erkenntnisgewinn in der jüngeren Astronomiegeschichte spielt. Dazu wurden die 160 Veröffentlichungen des erwähnten „Source Book of Astronomy and Astrophysics 1900–1975“ [5] 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). Ein Prototyp für letztere ist die Arbeit „On the Theorie of Stars“ von L. D. Landau (1932). 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. 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 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 fünf Jahre nach der Einführung jener Verfahren entdeckt wurden, die für die Entdeckung wesentlich waren. Vor 1954 sei der zeitliche Abstand zwischen Innovation und Entdeckung eher länger gewesen [6].

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 Pro-

duktivitäts-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 [7]. 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 Zitierungs-Anzahlen sowie gleichbleibend geringe prozentuale Anzahl der Autoren bei noch größeren Zitierungs-Anzahlen, die mit dem Auftreten von „Lücken“ verbunden sind (Bild 1, im Anhang). 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 drei Klassen folgende Charakteristika:

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 mit Standardabweichung

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

Klasse I:	0,01	≤	B	≤	0,77
Klasse II:	0,78	≤	B	≤	2,99
Klasse III:	3,00	≤	B	≤	?

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 drei 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 Zitationen in Prozent für alle Klassen durchgeführt. Jeder Mittelwert mit einer Standardabweichung geht aus 11 Einzelmessungen hervor. Es ergab sich, dass sich die drei 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. 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 III 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.

Stichproben zeigen, dass die gewonnenen Verteilungen wahrscheinlich unabhängig vom spezifischen Fachgebiet für alle Naturwissenschaften gelten. Die Anwendung des Verfahrens auf verschiedene astronomiehistorische Problemstellungen brachte interessante Ergebnisse. Bei der Untersuchung der Disziplingenese der Astrophysik zeigte sich, 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 zwei 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 [8].

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 von niemanden unternommen.

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 eine zusammenfassendes Studium ihrer Lebensläufe“ [9]. 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 ortübergreifende Gruppen können Invarianten aufweisen, deren Entdeckung vertiefte Einblicke in die Geschichte der Wissenschaft ermöglichen würde.

1844 veröffentlichte der Astronom Friedrich Wilhelm Argelander einen Aufsatz unter dem Titel „Aufforderung an Freunde der Astronomie“, mit dem er die Erforschung der veränderlichen Sterne auf eine breitere Grundlage stellen wollte. Obwohl über die Bedeutung der veränderlichen Sterne da-

mals noch wenig bekannt war, beschwor er seine Leser dennoch förmlich, sich diesem Beobachtungsfeld zuzuwenden und sich damit den Genuss zu verschaffen, den das Bewusstsein bringe, sein „Scherflein beigetragen zu haben zur Erkenntnis der wundervollen Einrichtung des Weltgebäudes“ [10]. Durch die zu erwartenden Schwierigkeiten, schreibt Argelander weiter, solle man sich nicht entmutigen lassen. Schließlich ginge es darum, den wissenschaftlichen Nachkommen „die Bahn zu ebnen“.

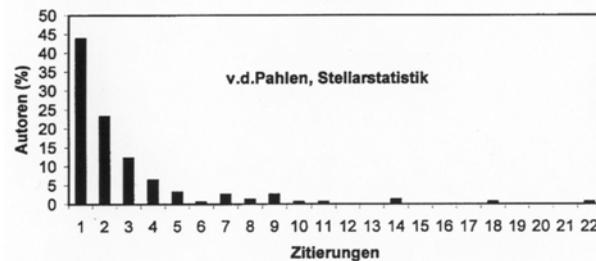
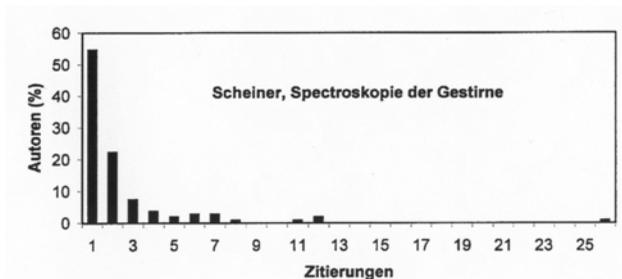
Auch die Geschichte unserer Wissenschaft ist ein höchst komplex eingerichtetes Gebäude menschlicher Aktivitäten, in dem die unterschiedlichsten Individuen unter verschiedenartigsten Umständen des Ortes und der Zeit rastlos am Werke sind. Hat nicht Johannes Kepler die Wege, auf denen Menschen Einsichten 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 zu bekommen, also letztlich über das Wesen von Wissenschaft, ist es nicht hinreichend, nur aufzuklären „wie es eigentlich gewesen“ ist (Ranke). Dieses ist zwar die unentbehrliche Grundlage wissenschaftlicher Untersuchung, aber zweifellos muss ein Element konstruktiver gedanklicher Aktivität hinzukommen. Dazu ist es allerdings unabdingbar, dass die Historiker sich neuen Fragen zuwenden, sich z. B. sozialgeschichtlichen Hintergründen und Beziehungsgeflechten von Wissenschaft, Wechselwirkungsprozessen mit anderen gesellschaftlichen Entwicklungen, wie z. B. Technik, kulturgeschichtliche Methoden u. a. Schon beim Aufwerfen entsprechender Fragen wird der Historiker erkennen, wie dürftig die Materiallage hinsichtlich der Beantwortbarkeit solcher Fragen beschaffen ist. Daraus erwachsen also zwangsläufig auch neue Impulse für eine möglicherweise fachübergreifende Quellenforschung.

Literatur

- [1] D. B. Herrmann; D. Wattenberg: Die Geschichte der Astronomie als Aufgabe der Forschung und Popularisierung. In: *Blick in das Weltall* 18 (1970), S. 40–50
- [2] G. M. Dobrov: *Wissenschaftswissenschaft*. Berlin 1969
- [3] E. Davoust; L. D. Schmadel: A Study of the Publishing Activity of Astronomers since 1969. In: *Scientometrics* 22 (1991), No 1, S. 9–39
- [4] D. B. Herrmann: Erkenntnisfortschritt und Technik in der modernen Astronomie. In: *NTM-Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin* 22 (1985), H. 2, S. 101–105. Nachdruck in: D. B. Herrmann, *Astronomiegeschichte. Ausgewählte Beiträge zur Entwicklung der Himmelskunde*. Berlin 2004, S. 223–227

- [5] K. R. Lang, O. Gingerich (Eds.): *A Source Book of Astronomy and Astrophysics 1900–1975*. Cambridge/Mass.; London 1979
- [6] M. Harwit: *Die Entdeckung des Kosmos*. München; Zürich 1983
- [7] D. B. Herrmann: *Eine Methode zur Messung der Bedeutung von Naturwissenschaften. Mitteilungen der Archenhold-Sternwarte*, 126. Berlin-Treptow 1976. Nachdruck in: D. B. Herrmann, wie [4], S. 200–208
- [8] D. B. Herrmann; J. Hamel: *Zur Frühgeschichte der Astrophysik. Das internationale Forscherkollektiv 1865–1899*. In: *NTM-Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin* 12 (1975), H. 1, S. 25–30. Nachdruck in: D. B. Herrmann, wie [4], S. 105–111
- [9] L. Stone: *Prosopographie – engl. Erfahrungen*. In: K. H. Jarausch (Hrsg.), *Quantifizierung in der Geschichtswissenschaft*. Düsseldorf 1976, S. 64 ff.
- [10] F. W. Argelander: *Aufforderung an Freunde der Astronomie*. In: H. C. Schumacher (Hrsg.), *Jahrbuch für 1844*. Stuttgart; Tübingen 1844, S. 227

Anhang



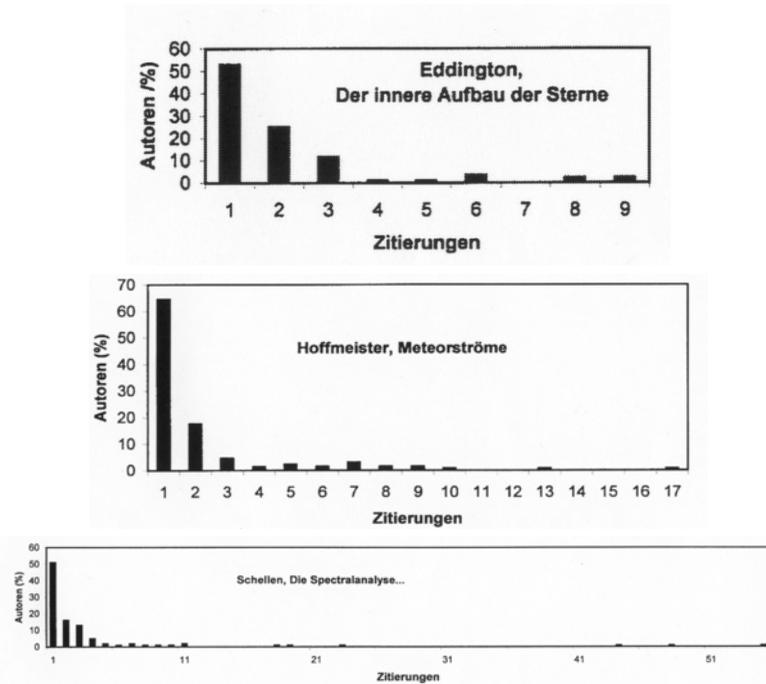


Bild 1: Beispiele für Zitierungs-Häufigkeits-Verteilungen in fünf ausgewählten Monographien: J. Scheiner, *Die Spectralanalyse der Gestirne*. Leipzig 1890 – S. Eddington, *Der innere Aufbau der Sterne*. Berlin 1928 – E. v. d. Pahlen, *Lehrbuch der Stellarstatistik*. Leipzig 1937 – Hoffmeister, *Meteorströme*. 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