

Von den ersten Periodika zur Paper-Flut

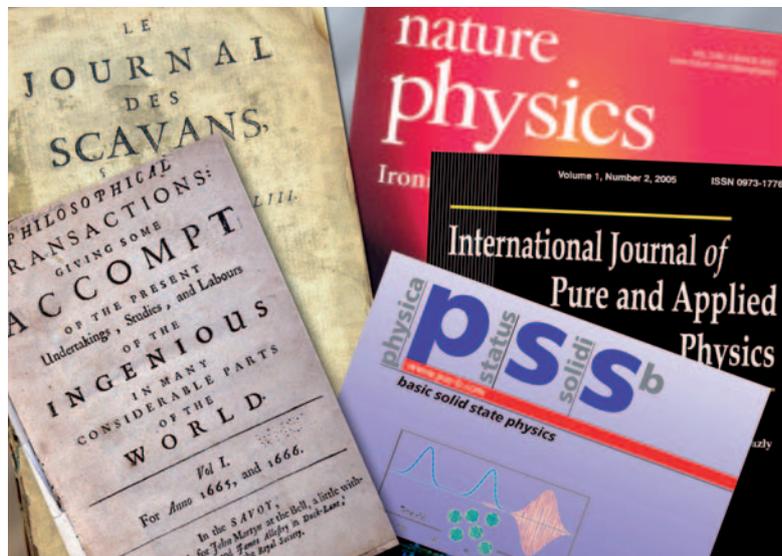
Entwicklung und Wachstum des Publikationswesens in der Physik

Heinrich Behrens und Harald Genz

Die Geschichte der modernen Wissenschaft ist eng verbunden mit dem Fortschritt des Publikationswesens. Die technischen und kulturellen Änderungen der vergangenen 550 Jahre spiegeln sich darin wider. Das verdeutlichen schon die nackten Zahlen: Während die Zahl der Veröffentlichungen vor 1900 in der Physik insgesamt nur ca. 80 000 betrug, beläuft sie sich im 20. Jahrhundert bereits auf rund 4,6 Millionen.

In Zeiten von Online-Publishing, Preprint-Servern und Open Access-Zeitschriften scheint es undenkbar, dass es einmal nicht allgemein üblich war, Forschungsergebnisse umgehend bekannt zu machen. In der Vergangenheit hielten die Wissenschaftler ihre Beobachtungsergebnisse oft längere Zeit geheim, z. B. um sie selbst auswerten zu können. Nikolaus Kopernikus gab sein Hauptwerk „De Revolutionibus Orbium Coelestium“ erst im Jahre 1542 zum Druck frei, und es erschien erst an seinem Todestag 1543. Grund für die späte Publikation war hier allerdings eher ein jahrzehntelanges Ringen um Perfektion.

Nach der Erfindung des Buchdrucks waren es zunächst Monografien, durch die wissenschaftliche Entdeckungen an die Öffentlichkeit gelangten [1] – und das durchaus schon in beachtlichem Umfang: Allein im deutschen Sprachraum erschienen zwischen 1448 und 1630 über 6000 Astronomiebücher [2]. Monografien enthielten neben Beobachtungsdaten, Kalendern, Experimenten und Theorien auch Briefwechsel wie z. B. den von Tycho Brahe mit dem Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen-Kassel. Die Dominanz der Monografien zog sich bis zu Newtons Fundamentalwerk „Principia Mathematica Philosophiae Naturalis“ von 1686 hin.



Erst mit Gründung der Akademien und wissenschaftlichen Gesellschaften im letzten Drittel des 17. Jahrhunderts kamen auch wissenschaftliche Zeitschriften auf [3]. Die Universitäten trugen zu dieser Zeit mit Ausnahme der Medizin wenig zum wissenschaftlichen Fortschritt bei. Viele große Forscher waren daher überhaupt nicht oder nur in einem kurzen Lebensabschnitt mit Universitäten verbunden. Diese Situation änderte sich erst im Laufe des 18. Jahrhunderts.

Viele der frühen wissenschaftlichen Zeitschriften existierten allerdings nur für eine kurze Zeit. Ständige wissenschaftliche Zeitungen kamen dann vermehrt – zuerst in Frankreich und England – gegen Ende des 18. und insbesondere im 19. Jahrhundert auf. Ein ungebrochenes Wachstum der Zeitschriftenzahl und der wissenschaftlichen Artikel setzte ein, das dann auch zu zusammenfassenden Darstellungen von ganzen Gebieten in Übersichtsartikeln und Handbüchern führte. Am Ausgang des 20. Jahrhunderts drückten schließlich Computertechnik und Internet dem Publikationswesen ihren Stempel auf.

Doch in welchem Maße wuchs im Laufe der Geschichte die Menge an wissenschaftlichen Publikationen? Zur Beantwortung dieser Frage möchten wir hier kurz den geschichtlichen Verlauf des Publikationswesens in der Physik beschreiben, wie er sich durch Auswertung der Informationen aus relevanten historischen Darstellungen [3, 5], Bibliografien und Datenbanken erschließen lässt. Eine umfassende und detaillierte Analyse des Wachstums findet sich in [4]. Dort werden auch wissenschaftsrelevante Merkmale wie Zahl der Entdeckungen, Bücher, Elemente u. a. im Bereich der Physik, Chemie, Astronomie und Astrophysik herangezogen, um das Wachstum der Naturwissenschaften eingehend zu charakterisieren.

Erst das Aufkommen wissenschaftlicher Periodika sicherte eine gewisse Kontinuität und Aktualität [5]. Periodika ist dabei als Oberbegriff zu verstehen, der sowohl die wissenschaftlichen Fachzeitschriften als auch sog. Berichtsreihen wie z. B. Jahres- oder Sitzungsberichte umfasst. Wissenschaftliche Zeitschriften machten Fachinhalte für jedermann gegen Bezahlung

Dr. Heinrich Behrens, Kolbenäckerweg 1, 76297 Stutensee
Dr. Harald Genz, Institut für Kernphysik, Technische Universität Darmstadt, Schlossgartenstr. 9, 64289 Darmstadt

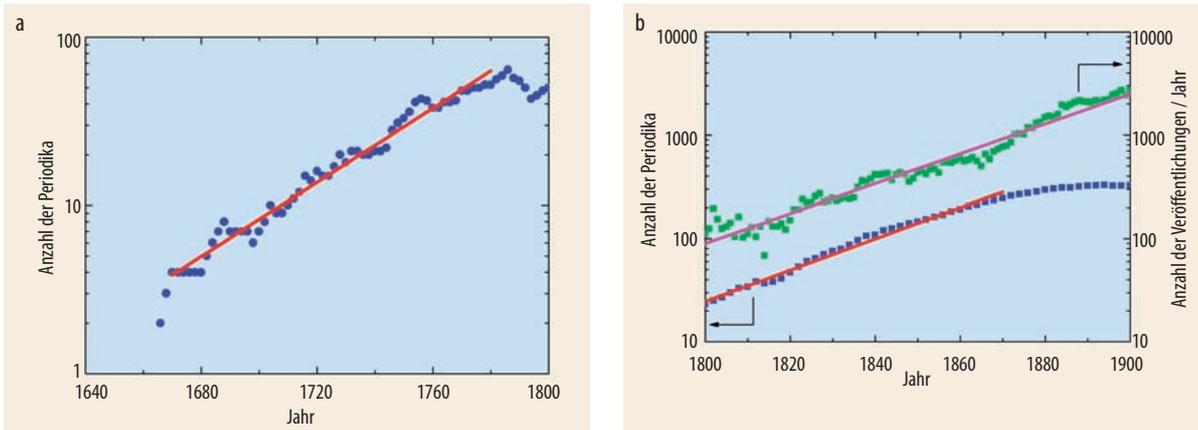


Abb. 1 Anzahl der aktiven Periodika mit Bezug zur Physik im 17. und 18. Jahrhundert als Funktion der Zeit (a). Die durchgezogene Gerade zeigt die Anpassung einer Exponentialfunktion (Verdopplungszeit 27 Jahre) an die Daten von 1670 bis 1780. Im 19. Jahrhundert (b) ist das jährliche Wachstum der Zahl der Periodika mit 3,5 % größer als das im 17. und 18. Jahrhundert (2,5 %). Gezeigt ist die Anzahl der aktiven Periodika (blau) mit

mehr als 20 Veröffentlichungen im Jahrhundert bzw. der Veröffentlichungen pro Jahr (grün) in der Physik im 19. Jahrhundert als Funktion der Zeit. Die durchgezogenen Geraden repräsentieren die Anpassung einer Exponentialfunktion mit der Verdopplungszeit von 21 (oben) bzw. 20 Jahren (unten) an die Daten von 1800 bis 1870 bzw. von 1800 bis 1900 [7, 8].

zugänglich. Um die thematische Auswahl oder spezifische Darstellungsform kümmerten sich dabei nicht mehr nur der Autor, sondern nun auch Editoren und Herausgeber. Die Möglichkeit einer schnellen drucktechnischen Vervielfältigung, die Existenz eines geordneten Postverkehrs und natürlich eines genügend großen Publikums, das sich für wissenschaftliche Neuheiten interessierte, sorgten für die zunehmende Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse.

Die ersten beiden wissenschaftlichen Periodika entstanden im Jahr 1665 und existieren heute noch: das französische „Journal des Scavans“ (ab 1816 „Journal des Savants“, wörtl.: „Zeitung der Gelehrten“) und die englischen „Philosophical Transactions“. Beide Zeitschriften erschienen in den Landessprachen, obwohl bis dahin das Lateinische die Wissenschaftssprache war. Das Journal des Scavans wandte sich eher an das allgemeine Publikum und deckte ein breites Themenspektrum ab: Es enthielt Informationen über neue Bücher, Nachrufe, Beschreibungen von neuen Experimenten und Beobachtungen in Physik, Chemie, Mathematik, Astronomie und Anatomie, aber auch Berichte zur Kunst oder über nützliche Maschinen und Erfindungen sowie Neuigkeiten und Diskussionen auf den Gebieten Theologie, Geschichte und Recht.

Die Philosophical Transactions dagegen waren rein wissenschaftlich orientiert und somit ein Organ für die Publikation von neuen Beobachtungen und Originalarbeiten in der Wissenschaft, die meistens von Fellows der Royal Society stammten. Beide Zeitschriften hatten Modellcharakter und großen Einfluss auf die Gründung weiterer ähnlicher Periodika.

Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts erschien dann mit „Introduction aux Observations sur la Physique“ (1771–1794) eine wissenschaftlich orientierte und international ausgerichtete Zeitschrift. Sie wurde regelmäßig jeden Monat gedruckt und enthielt im Wesentlichen Originalarbeiten aus der Physik (aber auch aus der Chemie und anderen Wissenschaften). Sie lässt sich in gewisser Weise als Vorläuferin der heutigen Physikzeitschriften ansehen. 1790 rief der Mediziner und Chemiker Friedrich Albert Karl Gren in Berlin mit dem „Journal der Physik“ eine weitere Zeitschrift für Physik und Chemie ins Leben, die heute noch existiert. Unter ihrem neuem Namen „Annalen der Physik“ (ab 1799) entwickelte sie sich an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert zu einer der führenden Physikzeitschriften [6].

Eine weitere bedeutende Zeitschrift wurde 1798 mit dem Philosophical Magazine von Alexander Tillich in London begründet. Sie

umfasste von der Astronomie bis zur Physik und Chemie alle naturwissenschaftlichen Wissensgebiete.

Die Zeitschriften der damaligen Zeit lassen sich im Wesentlichen in zwei Gruppen einteilen: Die zahlenmäßig kleinere enthielt vorwiegend Originalbeiträge, während bei der zweiten Gruppe mehr die Verbreitung von Ideen und die allgemeine Erziehung im Vordergrund stand. Die Übergänge zwischen diesen beiden Gruppen waren aber fließend und der Blickwinkel im Vergleich zu den heutigen Spezialorganen wesentlich weiter, vergleichbar mit den heutigen Ausgaben von „Nature“ und „Science“.

Die Zahl der Periodika stieg im 17. und 18. Jahrhundert deutlich an (Abb. 1a). Die Veröffentlichungen in der Physik (ohne Bücher) beliefen sich in dieser Zeit auf insgesamt unter 5000. Der klar erkennbare Einbruch bei der Zahl der Periodika gegen Ende des 18. Jahrhunderts ist vermutlich durch die französische Revolution und die damit verbundenen Kriege bedingt.

Wachsende Umfänge

Die meisten Zeitschriften in der Physik kamen aber mit Beginn des 19. Jahrhunderts auf. Einige prototypische Beispiele sind (es ist der heutige Titel angegeben): Proceedings of the Royal Society

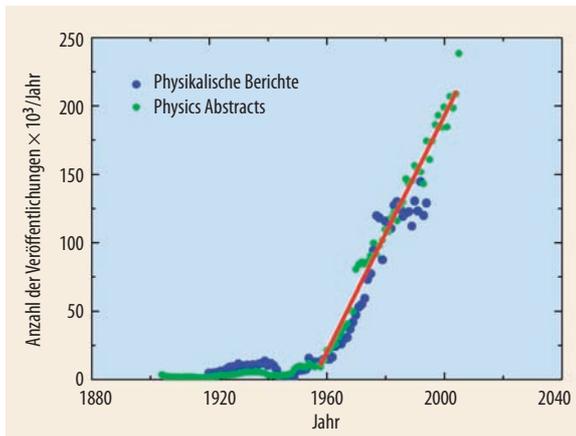


Abb. 2 Anzahl der jährlichen Veröffentlichungen in der Physik im 20. Jahrhundert

of London (1832), Scientific American (1845), Nature (1869), Science (1880), Astrophysical Journal (1882), Die Naturwissenschaften (1886) und The Physical Review (1893). Hierbei sind auch Berichte mit Zeitschriftencharakter aufgeführt, die von wissenschaftlichen Gesellschaften oder Akademien herausgegeben wurden.

Bei den aktiven Periodika zeigte sich bis 1870 ein starkes Wachstum, um gegen Ende des Jahrhunderts in eine Art Sättigung überzugehen (Abb. 1b). Für das 19. Jahrhundert ergibt die zeitliche Entwicklung der publizierten Artikel ein relatives Wachstum der jährlichen Veröffentlichungen in der Physik von 3,5 % [8]. Dabei wird deutlich, dass das Wachstum der Zahl der Veröffentlichungen pro Jahr sehr gut mit dem der Periodika bis 1870 übereinstimmt, ab dieser Zeit aber nicht mehr.

Dass der Erscheinungsumfang eines Publikationsorgans pro Jahr lange Zeit konstant blieb, ist bei näherer Betrachtung nicht ganz abwegig. Das zeigt sich z. B. bei den im 19. Jahrhundert führenden Annalen

der Physik (ohne Berücksichtigung ihrer Beiblätter). Betrachtet man die kumulierte Zahl der erschienenen Beiträge als Funktion des Erscheinungsjahrs, so ergibt sich für den Zeitraum von 1822 bis 1914 eine Gerade mit einer Steigung, die im Mittel etwa 172 Beiträgen pro Jahr entspricht. Dies waren aber nicht nur Originalartikel aus der Physik, sondern auch solche aus der Chemie (Die Zeitschrift trug lange den Titel „Annalen der Physik und Chemie“) sowie besonders am Beginn des 19. Jahrhunderts ausgedehnte Übersetzungen von fremden Originalarbeiten, aber auch Auszüge aus Akademieschriften oder Zusammenfassungen von Briefwechseln. Dem wachsenden Literaturaufkommen wurde innerhalb der Annalen nur durch eine Verschiebung von der Chemie zur Physik und in Richtung Originalarbeiten Rechnung getragen, aber nicht durch eine stetige Erhöhung des Umfangs (von einigen Ergänzungsbänden abgesehen).

Betrachtet man dagegen die 1893 gegründete Physical Review, ergeben sich andere Verhältnisse: Die Zahl der kumulierten Veröffentlichungen als Funktion des Erscheinungsjahrs von 1894 bis 1924 lässt sich durch ein Polynom 2. Grades wiedergeben. Dies bedeutet, dass sich in diesem Fall die Zahl der pro Jahr erschienenen Beiträge dauernd (linear) erhöht hat.

Von gedruckten Zeitschriften ...

Bis zur zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts sollten schließlich Zeitschriften das wissenschaftliche Publikationswesen völlig dominieren, Berichtreihen spielten praktisch

keine Rolle mehr. In den Jahren 1991/1992, also vor dem Aufkommen des World Wide Web und der Verteilung von Dokumenten in elektronischer Form, umfassten z. B. Zeitschriftenartikel 81 % aller Veröffentlichungen in der Physik [9]. Von diesen enthielten 255 Zeitschriften (also 16 % aller Physikzeitschriften zu diesem Zeitpunkt) 80 % der für die Physik relevanten Zeitschriftenartikel.

Für 1991/1992 zeigt die Tabelle die quantitativ führenden Physikzeitschriften mit ihrem Anteil an der Gesamtzahl der Zeitschriftenpublikationen (vgl. [9]). Die erste deutsche Zeitschrift – Astronomy and Astrophysics – folgt an 15. Stelle, andere deutschen Zeitschriften wie die Physica Status Solidi A an 67. Stelle, Physica Status Solidi B an 78. Stelle und die Zeitschrift für Physik C an 92. Stelle. Ende des 20. Jahrhunderts spielen – anders als im vorangegangenen Jahrhundert – deutsche Zeitschriften zahlenmäßig keine führende Rolle mehr.

Für das 20. Jahrhundert zeigt das Wachstum der jährlichen Veröffentlichungszahl zunächst einen flachen Anstieg, gefolgt von einem Einbruch hervorgerufen durch den Zweiten Weltkrieg und einen enormen Aufschwung danach, der bis heute angehalten hat (Abb. 2). Dabei lassen sich die Daten ab 1958 sehr gut durch ein lineares Wachstum annähern. Die Beschreibungen durch lineare Anstiege sind entschieden besser als die durch Exponentialfunktionen, bei denen über einen längeren Zeitraum systematische Abweichungen auftreten.

Eine weit verbreitete Ansicht über die im Zeitalter von „publish or perish“ vermutete überproporti-

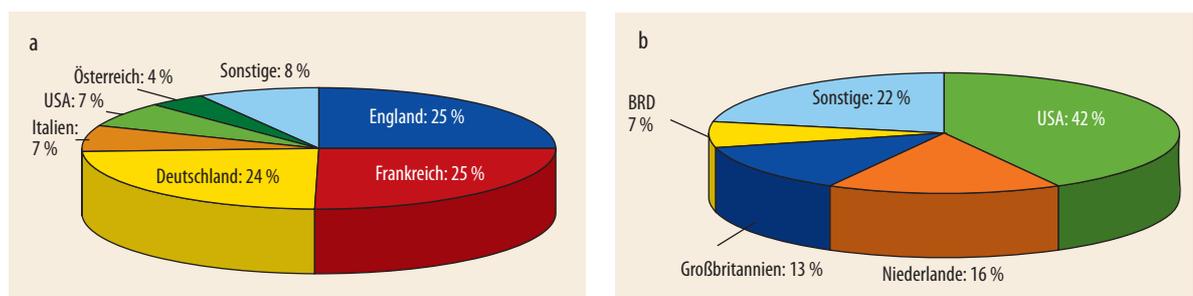


Abb. 3 Im 19. Jahrhundert erschienen rund 75 % aller physikalischen Veröffentlichungen zu etwa gleichen Teilen in

England, Frankreich und Deutschland (a) [7]. Im 20. Jahrhundert haben sich die Verhältnisse stark zu den USA hin ver-

schoben, wie eine Analyse [10] für 1989 zeigt (b).

Zeitschrift	Anteil
Physical Review B, Condensed Matter	2,91 %
Journal of Applied Physics	1,85 %
Applied Physics Letters	1,76 %
Physica C	1,71 %
Journal of Chemical Physics	1,70 %
Physical Review Letters	1,67 %

Quantitativ führende Zeitschriften in der Physik im 20. Jahrhundert mit ihrem Anteil an der Gesamtzahl der jährlichen Zeitschriften-Veröffentlichungen.

onal steigende Zahl von Veröffentlichungen pro Autor ist statistisch nicht belegt. Bekannt ist in diesem Zusammenhang Lotkas' Gesetz, das besagt, dass unabhängig von der Zeit die Zahl der Personen, die n Arbeiten veröffentlichen, proportional zu $1/n^2$ geht [11]. Das Gros der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler veröffentlicht nur eine oder wenige Arbeiten, andererseits schreibt demnach einer von fünf Autoren fünf oder mehr Artikel, und einer von zehn Autoren bringt es auf mindestens zehn Titel und so weiter. Ganz wenige Autoren mit mehreren hundert Veröffentlichungen gab es im 19. Jahrhundert auch schon. Beispiele sind Friedrich Wilhelm Bessel, Ludwig Boltzmann oder Lord Rayleigh. Im Gegensatz zum 19. Jahrhundert erscheint der Löwenanteil aller Publikationen mittlerweile in den USA (Abb. 3).

... zu Online-Preprints

Wie wird sich das Publikationsaufkommen in Zukunft entwickeln? Bei dieser Frage ist interessant, dass sich das Wachstum der untersuchten Daten oft nahezu gleich gut durch unterschiedliche mathematische Funktionen beschreiben lässt. Für das 20. Jahrhundert hat sich nicht ein Modell mit einem exponentiellen, sondern quadratischen Wachstum als am passendsten erwiesen [4]. Auf dieser Grundlage ist zu erwarten, dass die Zahl der kumulierten Veröffentlichungen in der Physik von 2005 bis 2050 um den Faktor 3,4 wachsen wird. Eine solche Extrapolation gilt natürlich nur dann, wenn es zu keinen

größeren Umbrüchen im Publikationswesen kommt. Doch einen solchen Umbruch, bedingt durch die neuen Möglichkeiten der Computertechnik und des Internets, diskutieren derzeit wissenschaftliche Community und Politik. Viele Informationen werden über das Internet elektronisch angeboten, die Veröffentlichung von Zeitschriften verlagert sich mehr und mehr ins Web. In bestimmten Fachgebieten der Physik wie der Elementarteilchenphysik spielt bereits heute die Verteilung von Publikationen über Preprint Server eine überragende Rolle. Daneben kommen auch neue Publikationsformen (Stichwort „open access“) auf [12], die einen offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen ermöglichen sollen. Das könnte zu einem neuerlichen grundlegenden Wandel des Publikationswesens führen.

*

Wir danken R. Wagner-Döbler (Bibliographische Dienste, München) für die zur Verfügungstellung von Daten.

Literatur

- [1] B. C. Vickery, *Scientific Communication in History*, Scarecrow Press, Lanham (2000)
- [2] E. Zimmer, *Geschichte und Bibliographie der astronomischen Literatur in Deutschland zur Zeit der Renaissance*, Anton Hiersemann, Stuttgart (1964)
- [3] M. Ornstein, *The Role of Scientific Societies in the Seventeenth Century*, University of Chicago Press, Chicago (1928)
- [4] H. Behrens und I. Lanckenau, *Ber. Wissenschaftsgeschichte* **29**, 89 (2006)
- [5] D. A. Kronick, *A History of Scientific & Technical Publications*, Scarecrow Press, Metuchen, N.J. (1976, 1. Ausg. 1962)
- [6] F. Hund, *Physikal. Blätter* **46**, 172 (1990)
- [7] R. Wagner-Döbler, *Zeitschriftenliste mit Veröffentlichungszahlen aus dem Catalogue of Scientific Papers für das 19. Jahrhundert und die Physik*, Private Mitteilung 2004
- [8] R. Wagner-Döbler und J. Berg, *Scientometrics* **46**, 213 (1999)
- [9] D. F. Shaw (Hrsg.), *Information Sources in Physics*, Bowker Saur, London 1994
- [10] *Phys. Database Reference Series Input Statistics 1989*, FIZ-Karlsruhe Referenzserie Nr. 3-5 (1990)
- [11] D. J. De Solla Price, *Little Science, Big Science*, Suhrkamp, Frankfurt a. M. (1974)
- [12] House of Commons, Science and Technology Committee, *Scientific Publications: Free for all?*, Report HC 399-1, London (2004)