

Ein grenzgängerisches Genie

Albert Einstein und sein Wunderjahr 1905

Jürgen Renn

Vor hundert Jahren vollendete der gerade 26 Jahre alte Albert Einstein fünf Arbeiten, die das Weltbild der Physik revolutionierten. In kurzer Folge entstanden sein Artikel zur Lichtquantenhypothese, seine Dissertation zur Bestimmung der Molekulargröße, seine Theorie der Brownschen Bewegung und schließlich die Arbeiten zur Speziellen Relativitätstheorie und zur Äquivalenz von Masse und Energie. Dabei arbeitete Einstein keineswegs völlig losgelöst von den Wissenssystemen seiner Zeit, doch er bewies den Spürsinn eines Genies für die ungelösten Probleme in den Grenzbereichen zwischen Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik.

Albert Einstein war in dem *annus mirabilis*, seinem Wunderjahr 1905, kein Teil der „scientific community“, wie man es heute wohl ausdrücken würde. Zwar war seine Dissertation in Arbeit, aber er forschte nicht an einer Universität, sondern war als Beamter am Eidgenössischen Amt für geistiges Eigentum in Bern angestellt. Zu den Einsichten, mit denen er die Entwicklung der modernen Naturwissenschaft nachhaltig prägte, gelangte er vielmehr in seiner Freizeit. Wie konnte es ihm als akademischen Außenseiter überhaupt gelingen, die klassische Physik dermaßen zu revolutionieren?

Der „Einspänner“, wie Einstein sich später einmal selbst beschreiben sollte, erwies sich schon in der Schulzeit als eigenständiger Kopf. Bereits mit 16 Jahren schrieb er einen Aufsatz, in dem er den möglichen Einfluss eines Magnetfelds auf die Lichtausbreitung im Äther behandelte. Den Aufsatz sandte Albert an seinen Onkel Caesar Koch, nicht ohne in seinem Begleitschreiben darauf hinzuweisen, dass die Arbeit ein „sehr spezielles Thema“ behandle und „wie es sich für so einen jungen Kerl“ verstehe, „noch ziemlich naiv und unvollkommen“ sei. Doch gerade Einsteins „unvollkommenen“ Spekulationen, etwa über die Frage, wie ein Lichtstrahl aus der Sicht eines ebenfalls mit Lichtgeschwindigkeit reisenden Beobachters aussehen würde, führten schließlich zur Speziellen Relativitätstheorie.

Doch auch ein Genie wie Einstein war auf das Wissen seiner Zeit angewiesen, auf das er aufbauen konnte, um seine originellen Ideen zu entwickeln. Akademischer Drill und stures Auswendiglernen waren ihm während seines Physikstudiums an der Eidgenös-



Albert Einstein (1905), Experte III. Klasse des Eidgenössischen Patentamtes Bern, Dienstzeit 9 bis 17 Uhr (Quelle: Archiv der Max-Planck-Gesellschaft)

sischen Polytechnischen Hochschule in Zürich allerdings ebenso verhasst wie schon zur Schulzeit. Viel lieber schwänzte er die Vorlesungen und vertiefte sich selbstständig in die Lehrbücher. Seine Lektüre umfasste die Bücher der Großen der damaligen Physik: Boltzmann, Drude, Helmholtz, Hertz, Kirchhoff, Mach, Ostwald und Planck.

Einstein beschränkte sein „Privatstudium“ jedoch nicht auf das stille Kämmerlein, sondern diskutierte die in den Büchern behandelten Themen mit seinen Freunden. Etwa mit Michele Besso (1873–1955), der einer seiner wichtigsten Gesprächspartner war und dem er ein Leben lang freundschaftlich verbunden blieb. Mit ihm diskutierte er Grundlagenfragen, welche von den Fachleuten entweder als erledigt galten oder gänzlich ignoriert wurden. Insbesondere bei der Entstehung der Speziellen Relativitätstheorie wirkte Besso als „Katalysator“. Auch Mileva Marić (1875–1947), eine ehemalige Kommilitonin, die Einstein 1903 heiratete, war für ihn zunächst eine intellektuelle Partnerin – so sprach er einmal sogar von „unsere(r) Arbeit über Relativbewegung“ –, bevor sie immer mehr in die Rolle von Hausfrau und Mutter gedrängt wurde.

Prof. Dr. Jürgen Renn, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Wilhelmstraße 44, 10117 Berlin

Schließlich war auch die „Akademie Olympia“, der neben Einstein Conrad Habicht (1876–1958) und Maurice Solovine (1875–1958) angehörten, intellektueller Nährboden für Einsteins Ideen. Gemeinsam lasen und diskutierten die drei wissenschaftliche Literatur mit disziplin-übergreifender Thematik, etwa von Hume, Spinoza, Mach oder Poincaré. Seinem Kommilitonen Marcel Grossmann (1878–1936), der Mathematik studierte, verdankte Einstein schließlich die Position am Patentamt, die ihm nach verzweifelter Stellensuche endlich ein finanzielles Auskommen verschaffte.

Das frühe Grübeln über die Natur des geheimnisvollen Äthers bildete die Keimzelle für Einsteins beständige Auseinandersetzung mit dem Problem der Elektrodynamik. Dabei beließ er es nicht nur bei theoretischen Überlegungen, sondern entwarf Experimente, um die Veränderung der Lichtgeschwindigkeit in einem bewegten Medium oder die Relativbewegung der Erde gegenüber dem Äther zu untersuchen. Doch seine ehrgeizigen Pläne blieben zunächst erfolglos.

Unermüdlich verschlang Einstein weiter Lehrbücher und Artikel in Fachzeitschriften. Insbesondere die Elektrodynamik von Lorentz und Poincarés Buch „Wissenschaft und Hypothese“ hatten es ihm angetan. Letzteres las er gemeinsam mit seinen Mitstreitern der „Akademie Olympia“. Bereits ab 1901 hatte er auch einige wenige Arbeiten in den Annalen der Physik veröffentlicht, die Themen aus dem Umfeld der Thermodynamik und der kinetischen Theorie der Wärme zum Gegenstand hatten. Die Bedeutung der zwischen 1902 und 1904 erschienenen Arbeiten, mit denen Einstein parallel zum amerikanischen Mathematiker und Physiker Josiah Willard Gibbs die statistische Mechanik begründet hat, wird oft unterschätzt.

Schritte über Grenzen

Die physikalischen Probleme im Zentrum von Einsteins annus mirabilis haben einen gemeinsamen Wesenszug, der deutlich wird, wenn man diese aus der Sicht der langfristigen Entwicklung des physikalischen Wissens betrachtet. Man könnte diese gewissermaßen als Grenzprobleme der klassischen Physik bezeichnen, denn sie befinden sich alle im Schnittpunkt von zwei ihrer drei größeren Unterbereiche Mechanik, Thermodynamik und Elektrodynamik:

- ▶ Das Problem der Wärmestrahlung im thermischen Gleichgewicht liegt im Grenzbereich zwischen Thermodynamik und der Strahlungstheorie, also der Elektrodynamik, und führte Einstein zur Lichtquantenhypothese.
- ▶ Die Elektrodynamik bewegter Körper repräsentiert ein Grenzproblem zwischen der Elektrodynamik und

der Theorie der Bewegung, also der Mechanik. Daraus erwuchs die Spezielle Relativitätstheorie.

▶ Und die Probleme der kinetischen Theorie der Wärme, wie etwa die Brownsche Bewegung, lassen sich als Probleme zwischen Thermodynamik und Mechanik auffassen.

Dieses Heft würdigt diese drei wesentlichen Probleme, die Einstein 1905 behandelt hat, jeweils aus wissenschaftshistorischer Perspektive und aus dem Blickwinkel aktuellster Forschung. So behandelt Robert Rynasiewicz in seinem Artikel ab S. 67 besonders die Frage, wie Einstein von den behandelten optischen und elektrodynamischen Problemen zu einer revolutionär neuen Kinematik fand. Claus Lämmerzahl's Überblick über die aktuellen experimentellen Tests der Speziellen Relativitätstheorie und deren theoretischen Rahmen (S. 75) geben zur Frage Anlass, ob die Lorentz-Invarianz die nächsten hundert Jahre unbeschadet überstehen kann.

Grenzprobleme erfordern es, Wissensressourcen aus verschiedenen Bereichen miteinander zu vernetzen. Sie dienen somit gewissermaßen als Katalysatoren, welche die begrifflichen Widersprüche zwischen den Bereichen aufdecken – wie etwa den Konflikt zwischen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und dem Relativitätsprinzip im Falle der Elektrodynamik bewegter Körper. Einsteins Ausgangspunkt lässt sich vielleicht am besten als „interdisziplinärer“ Atomismus bezeichnen. Geprägt wurde er dabei sicherlich auch durch die Lektüre populärwissenschaftlicher Werke, in denen sich die Idee der Romantik fortsetzte, Wissenschaft könne die Einheit der Natur erklären. Einsteins Augenmerk war damit eher darauf gerichtet, einen konzeptionellen Rahmen der Physik zu finden, als sich mit Detailfragen ihrer Teilbereiche zu befassen.

So war die Brownsche Bewegung sowohl eine Herausforderung für die klassische phänomenologische Thermodynamik als auch für deren Gegenpart, die kinetische Theorie der Wärme. Sie stellte somit ein konkretes Problem dar, das es erlaubt, die verschiedenen Sichtweisen der beiden Theorien gegenüberzustellen. Auf diese Weise ließen sich Widersprüche erzeugen, die es nahe legten, die bestehende Architektur des Wissens zu überdenken und neu zu ordnen. Einstein behandelte das Problem der Brownschen Bewegung in seinem Artikel von 1905 exakt auf diese Weise, nämlich als ein Paradox zwischen zwei Bereichen der klassischen Physik. Dieses Paradox ist dem Widerspruch zwischen dem Relativitäts-Postulat und der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar. Im Falle der Wärmestrahlung ließen sich die Annahmen eines Kontinuums von Wellenlängen und einer Gleichverteilung

6. JANUAR

Zweiter Hochzeitstag mit Mileva

1905

14. MÄRZ

Einsteins 26. Geburtstag

30. APRIL

Einstein reicht an der Universität Zürich seine Dissertation ein: *Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen*

13. MAI

Umzug in den Besen-scheuerweg 28 in Bern

18. OD. 25. MAI

Brief an Conrad Habicht, in dem Einstein seine revolutionären Arbeiten ankündigt

ANFANG MÄRZ

Einstein beginnt, kurze Rezensionen über neueste Forschungsarbeiten zur Wärmetheorie für die *Beiblätter zu den Annalen der Physik* zu schreiben

17. MÄRZ

Arbeit zur Lichtquantenhypothese fertig gestellt: *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*

II. MAI

Arbeit zur Brownschen Bewegung beendet: *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen*

AB MITTE MAI

Einstein entwickelt die Spezielle Relativitätstheorie

der Energie nicht in Einklang miteinander bringen.

Einstein behielt den jeweils technischen Rahmen der Arbeiten von Lorentz und Planck weitgehend bei, veränderte jedoch grundlegend ihre konzeptionelle Bedeutung. Er reinterpretierte die Lorentz-Transformationen für die Elektrodynamik bewegter Körper, ebenso wie Plancks Formel für die Schwarzkörper-Strahlung. Dadurch schuf er die neue Kinematik der Speziellen Relativitätstheorie und führte die revolutionäre Idee der Lichtquanten ein. Dies geschah in einem Überlegungsprozess, den man als „Kopernikus-Prozess“ bezeichnen könnte, denn auch Kopernikus hatte die deduktive Maschinerie der traditionellen Astronomie weitgehend beibehalten und dabei ihre konzeptionelle Struktur verändert.⁴⁾ Im Zusammenhang mit der Arbeit an Fluktuationsphänomenen gab Einstein in ähnlicher Weise der traditionellen Diffusionsgleichung eine neue Bedeutung, wodurch er de facto die Brownsche Bewegung als theoretisches Konzept „erfand“ (vgl. mein

Artikel auf S. 51) und so die Realität der Atome bewies. Einsteins Erkenntnisse in Bezug auf statistische Fluktuationen begründeten dabei eine fast unübersehbare Zahl von Forschungsgebieten, nicht nur in der Physik, sondern auch in Biologie, Ökonomie oder der Verkehrsforschung. Erwin Frey und Klaus Kroy berichten in ihrem Artikel (S. 59) u. a. über die faszinierenden Möglichkeiten, welche Brownsche Teilchen bieten, um die Materialeigenschaften von lebendigen Zellen zu bestimmen.

Einsteins bemerkenswerter Überblick über das Wissen der klassischen Physik und sein philosophischer Scharfsinn ließen ihn nach neuen Konzepten Ausschau halten, mit denen sich die grundsätzliche Krise der klassischen Physik überwinden ließ. Statt sich auf das klassische Konzept eines Äthers wie in der Elektromechanik von Lorentz zu verlassen und wesentliche Bestandteile der klassischen Mechanik wie das Relativitätsprinzip aufzugeben, ersann Einstein kühn eine

⁴⁾ Vgl. Physik Journal, März 2004, S. 49

Lieber Habicht!

Es herrscht ein weihelvolles Stillschweigen zwischen uns, so daß es uns fast wie eine Entweihung vorkommt, wenn ich es jetzt durch ein wenig bedeutsames Gepappler unterbreche.

Was machen Sie denn, Sie eingefrorener Walfisch, Sie getrocknetes, eingebüschtes Stück Seele oder was ich sonst noch, gefüllt mit 70 % Zorn und 30 % Mitleid, Ihnen an den Kopf werfen möchte! Nur letzteren 30 % haben Sie es zu verdanken, daß ich Ihnen neulich, nachdem Sie Ostern so sang- und klanglos nicht erschienen waren, nicht eine Blechbüchse voll aufgeschnittenen Zwiebeln und Knobläuchern zuschickte. Aber warum haben Sie mir Ihre Dissertation immer noch nicht geschickt? Wissen Sie denn nicht, daß ich einer von den 1^{1/2} Kerlen sein würde, der dieselbe mit Interesse und Vergnügen durchliest, Sie Miserabler? Ich verspreche Ihnen vier Arbeiten dafür, von denen ich die erste in Bälde schicken könnte, da ich die Freixemplare baldigst erhalten werde. Sie handelt über die Strahlung und die energetischen Eigenschaften des Lichtes und ist sehr revolutionär, wie Sie sehen werden, wenn Sie mir Ihre Arb[eit] vorher schicken. Die zweite Arbeit ist eine Bestimmung der wahren Atomgröße aus der Diffusion und inneren Reibung der verdünnten flüssigen Lösungen neutraler Stoffe. Die dritte beweist, daß unter Voraussetzung der molekularen Theorie der Wärme in Flüssigkeiten suspendierte Teilchen von der Größenordnung 1/1000 mm bereits eine wahrnehmbare, ungeordnete Bewegung ausführen müssen, welche durch die Wärmebewegung erzeugt ist; es sind unerklärte Bewegungen lebloser kleiner suspendierter Körper in der That beobachtet worden von den Physiologen, welche Bewegungen von ihnen „Brownsche Molekularbewegung“ genannt wird. Die vierte Arbeit liegt im Konzept vor und ist eine Elektrodynamik bewegter Körper unter Benützung einer Modifikation der Lehre von Raum und Zeit; der rein kinematische Teil dieser Arbeit wird Sie sicher interessieren.

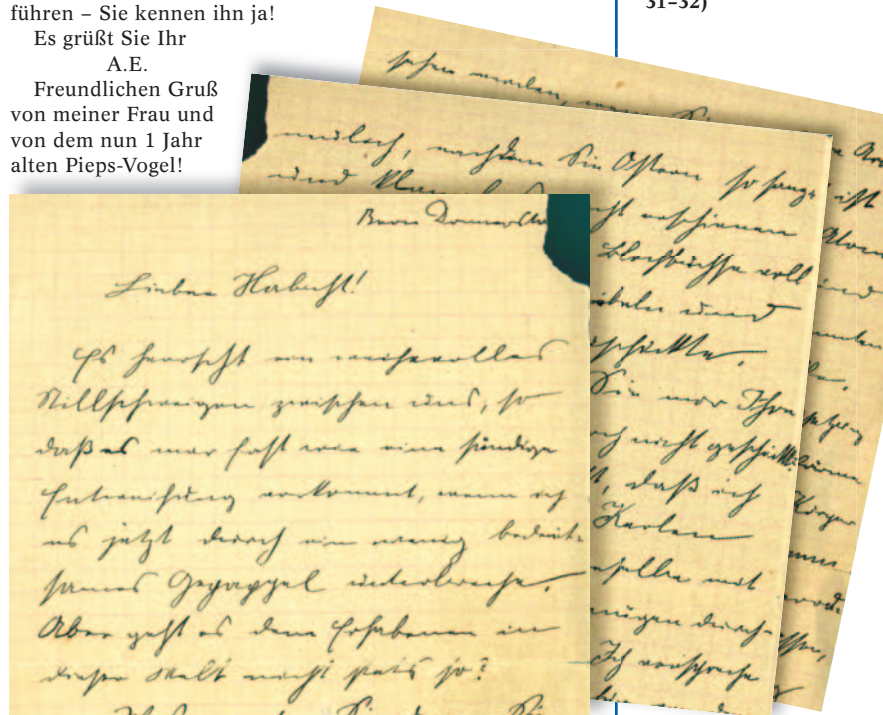
Solo gibt nach wie vor Stunden und bringt sich nicht dazu, das Examen zu machen; Ich bemitleide ihn sehr, denn er führt eine traurige Existenz. [...] Ich glaube aber nicht, daß es möglich ist, ihn erträglicheren Lebensbedingungen zuzuführen – Sie kennen ihn ja!

Es grüßt Sie Ihr

A.E.

Freundlichen Gruß von meiner Frau und von dem nun 1 Jahr alten Pieps-Vogel!

Einsteins berühmter Brief an Conrad Habicht (CPAE 5, Doc. 26, S. 31–32)



Quelle: Bibliothek der ETH Zürich, mit freundlicher Genehmigung des Albert-Einstein-Archivs, The Jewish National & University Library, The Hebrew University of Jerusalem

9. JUNI

Arbeit zur Lichtquantenhypothese veröffentlicht

18. JULI

Arbeit zur Brownschen Bewegung veröffentlicht

27. JULI

Einsteins Promotionschrift wird akzeptiert (Verleihung des Dokortitels am 15. Januar 1906)

SPÄTSOMMER

Reist mit Mileva und Sohn Hans Albert (geb. 1904) nach Serbien, um dort Freunde und Milevas Familie zu besuchen

21. NOVEMBER

Artikel *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* erscheint

30. JUNI

Artikel zur Speziellen Relativitätstheorie eingereicht: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*

20. JULI

Einstein stellt Antrag auf Zulassung zum Promotionsverfahren an der Universität Zürich

19. AUGUST

Einstein reicht seine Dissertation zur Veröffentlichung bei den Annalen ein (veröffentlicht am 8. Februar 1906)

26. SEPTEMBER

Arbeit zur Speziellen Relativitätstheorie veröffentlicht

19. DEZEMBER

Weiterer Artikel *Zur Theorie der Brownschen Bewegung* beendet (erschienen am 8. Februar 1906)



neue Vorstellung von Raum und Zeit, um die Probleme der Elektrodynamik bewegter Körper zu lösen. Er war dadurch fähig, Einsichten sowohl aus der Elektrodynamik als auch der Mechanik zu bewahren, statt die eine zugunsten der anderen zu opfern.

In seiner Behandlung des Verhaltens von kleinen suspendierten Teilchen verband Einstein gleichermaßen Einsichten der kinetischen Theorie wie der Thermodynamik, d. h. der Mikro- und Makrophysik, ohne die eine auf die andere zurückzuführen. Stattdessen schlug er neue Gesetze für den Bereich der „mesoskopischen“ Physik vor, welche erstmals als selbstständiger Bereich des physikalischen Wissens anerkannt wurde.

Tradition und Fortschritt

Es ist verblüffend, mit welcher Zielsicherheit Einstein die entscheidenden Probleme der klassischen Physik identifizierte und schließlich die Lösungen dafür präsentierte. Einstein wies so den Übergang von der klassischen zur modernen Physik. Doch seine kühnen Geniestreiche fielen nicht vom Himmel, sondern wurzelten letztlich im Wissenssystem der klassischen Physik. Auch Plancks Strahlungsformel, Lorentz' Elektrodynamik und Boltzmanns kinetische Thermodynamik fußten auf dem Wissen, das durch lange Traditionen, sowohl im Experiment als auch in der Theorie, angehäuft worden war.

Einstein stand nicht außerhalb der gesellschaftlichen Wissenssysteme, sondern er nahm an ihnen durch Ler-

nen, Anwenden und Forschen teil. Gleichermaßen beeinflussten ihn philosophische ebenso wie populär- und amateurwissenschaftliche Traditionen, die sich gerade den Fragen annahmen, die von der immer spezialisierteren Fachwissenschaft, wenn überhaupt, nur stiefmütterlich behandelt wurden.

So wie heute Einsteins Theorien den Hintergrund für zahlreiche technische Entwicklungen abgeben – ohne die Spezielle Relativitätstheorie wären etwa Satellitennavigationssysteme wie GPS und Galileo überhaupt nicht denkbar –, scheint durch Einsteins Arbeiten der technische Fortschritt zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Ein Beispiel ist seine Beschäftigung mit der „schwarzen Strahlung“ im Rahmen seiner Lichtquantenhypothese. Die Experimente zur Wärmestrahlung an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt entsprangen dem Ziel, einen industriell verwendbaren Lichtstandard zu etablieren. Dies hing direkt mit den Bedürfnissen von Lichttechnik und elektrotechnischer Industrie zusammen, wie auch David Cassidy in seinem Artikel (S. 37) betont, der aus wissenschaftshistorischer Sicht die Geburt der Lichtquantenhypothese nachzeichnet. Auch die immer ausgefeilteren Experimentiertechniken in der Elektrodynamik rührten nicht zuletzt von den immer höheren Ansprüchen der elektrotechnischen Industrie her.

Hundert Jahre nach Einsteins Erklärung des Photoeffekts beschreibt Herbert Walther in seinem Artikel (S. 43), wie sich heute die Wechselwirkung zwischen einzelnen Atomen und Ionen mit dem elektromagnetischen Feld gezielt kontrollieren lässt, um so gezielt Strahlung mit einer definierten Anzahl an Photonen zu erzeugen. Dies eröffnet faszinierende Perspektiven für die Quanteninformationsverarbeitung. Vermutlich wäre Einstein erfreut darüber gewesen, dass es nun gelungen ist, die stochastischen Einflüsse bei der Erzeugung von Photonen, über die er sich des Öfteren beklagt hat, in den Griff zu bekommen.

Auf den Schultern von Riesen

Es ist nicht verwunderlich, dass die klassischen Begriffe von Raum und Zeit just zu der Zeit ins Wanken kamen, als die Erde von wachsenden Transport- und Kommunikationsnetzen überzogen wurde. Eisenbahnen, Telegraphie, Überseekabel und anderes mehr konfrontierten die damaligen Wissenschaftler und Techniker mit großen praktischen Herausforderungen, letztendlich um Räume zu koordinieren und Zeiten zu synchronisieren. Dies gab auch durchaus Anlass für grundsätzliche Fragen. Ernst Mach stellte beispielsweise die Grundbegriffe der Newtonschen Mechanik wie den absoluten Raum in Frage, während Henri Poincaré in seinen populärwissenschaftlichen Schriften alternative Definitionen des physikalischen Zeitbegriffs diskutierte. Einstein hat von diesen Denkern wichtige Anregungen – nicht nur für die Spezielle Relativitätstheorie – erhalten und für ihn trifft sicherlich Newtons Bemerkung zu, er habe weiter als andere gesehen, weil er auf den Schultern von Riesen stand. Wer heute in der Physik weiter sehen möchte als andere, wird gut dran tun, sich auf die Schultern Einsteins zu stellen. Doch schon der Blick über Einsteins Schultern bietet faszinierende Einsichten – nicht nur in die Fundamente der modernen Physik, sondern auch in den einmaligen Moment, in dem Einstein die historische Bühne betrat.

Literatur

Biografien

- ▶ *A. Fölsing*, Albert Einstein, Suhrkamp, Frankfurt/Main (1995), 959 S. [Eine sehr faktenreiche und die derzeit wohl umfassendste Biografie]
- ▶ *A. Hermann*, Einstein – Der Weltweise und sein Jahrhundert, Piper, München (2004), 635 S. [Ebenso fundierte wie gut lesbare Lebensbeschreibung, betont besonders den kulturgeschichtlichen Kontext]
- ▶ *J. Neffe*, Einstein – Eine Biographie, Rowohlt, Hamburg (2005), 352 S. [Eine populäre, journalistisch geschriebene Biografie, die sich gut für einen ersten Einstieg eignet.]
- ▶ *A. Pais*, „Raffiniert ist der Herrgott...“, Spektrum, Heidelberg (2000), 601 S. [Wissenschaftliche Biografie Einsteins, verfasst vom Quantenfeldtheoretiker Abraham Pais, der Einstein in Princeton noch kennen gelernt hat.]

Annus mirabilis

- ▶ *J. Stachel* (Hrsg.), Einsteins Annus mirabilis, Vorw. von *R. Penrose* und *J. Ehlers*, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg (2001), 217 S. [Die Originalarbeiten aus dem Jahr 1905, mit ausführlichen Kommentaren]
- ▶ *D. Howard* und *J. Stachel* (Hrsg.), Einstein – The Formative Years 1879–1909, Birkhäuser (2000), 352 S. [Enthält insbesondere Essays führender Einstein-Experten zu den Ursprüngen und zur Entstehung der 1905er-Arbeiten]
- ▶ *P. Galison*, Einsteins Uhren, Poincares Karten, S. Fischer, Frankfurt

(2003), 384 S. [vgl. S. 28 und 98 in diesem Heft]

Einsteins Werk

- ▶ *John Stachel* et al., The Collected Papers of Albert Einstein, Princeton University Press, Princeton (1987ff) [Die maßgebliche Ausgabe von Einsteins Schriften. Bislang sind neun Bände erschienen; das Gesamwerk wird 25 Bände mit über 14000 Dokumente umfassen – ausführlich eingeleitet und kommentiert. Nach dieser Ausgabe wird im Folgenden zitiert: CPAE Band-Nr., Dokument-Nr., Seitenzahl (Seitenzahl des Originalartikels)]

Einstein und die Annalen der Physik

Die meisten von Einsteins bahnbrechenden frühen Arbeiten erschienen in den „Annalen der Physik“. Alle seine dort publizierten Artikel^{+) sind in einem Supplement-Band enthalten:}

- ▶ *J. Renn* (Hrsg.), Einsteins Annalen Papers, Wiley-VCH, Berlin (2005). Die darin enthaltenen wissenschaftshistorischen Essays sind Grundlage der Geschichtsartikel in diesem Heft. Sie wurden zu diesem Zweck ins Deutsche übersetzt und bearbeitet, ebenso wie die folgenden wissenschaftlichen Übersichtsartikel. Diese stammen aus:

- ▶ *U. Eckern* und *F. Hehl* (Hrsg.), Special Issue: Commemorating Albert Einstein, Ann. Phys. **14**, Heft 1–3 (2005)

^{+) Weitere Informationen und eine komplette Liste finden sich auf www.physik.uni-augsburg.de/annalen/history/Einstein-in-AdP.htm}