

Frank Steiner (Hrsg.)

A close-up, monochromatic blue-toned portrait of Albert Einstein, showing his characteristic wild hair and mustache. The image is the central focus of the book cover.

Albert Einstein

Genie, Visionär und Legende



Springer *A. Einstein*

Frank Steiner (Hrsg.)

Albert Einstein

Frank Steiner (Hrsg.)

Albert Einstein

Genie, Visionär und Legende

Mit 92 Abbildungen

 Springer

Herausgeber
Prof. Dr. Frank Steiner
Universität Ulm
Abteilung Theoretische Physik
Albert-Einstein-Allee 11
89081 Ulm
Deutschland
frank.steiner@uni-ulm.de

Das Umschlagbild zeigt Albert Einstein im Frühjahr 1952. Einstein schickte das handsignierte Foto an die Stadt Ulm als Dank für die Glückwünsche zu seinem 73. Geburtstag. Das Original befindet sich im Stadtarchiv Ulm.

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN-10 3-540-21060-1 Springer Berlin Heidelberg New York
ISBN-13 978-3-540-21060-3 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Satz: Dr. Peter, Ulm
Cover design: deblik, Berlin
Production: LE-TeX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig

Printed on acid-free paper 56/3141/yl – 5 4 3 2 1 0

Für Gerlinde

Vorwort

Albert Einstein, der größte Physiker seit Sir Isaac Newton, wurde am 14. März 1879 in Ulm geboren. Auf die Glückwünsche zu seinem 50. Geburtstag antwortete er am 18. März 1929 der Redaktion der „Ulmer Abendpost“ (Original im Ulmer Stadtarchiv):

Sehr geehrte Herren,

Herzlichen Dank für Ihre freundlichen Wünsche.

Auf Ihre Anregung hin füge ich folgende Botschaft bei:

Die Stadt der Geburt hängt dem Leben als etwas ebenso Einzigartiges an wie die Herkunft von der leiblichen Mutter. Auch der Geburtsstadt verdanken wir einen Teil unseres Wesens. So gedenke ich Ulms in Dankbarkeit, da es edle künstlerische Tradition mit schlichter und gesunder Wesensart verbindet.-

Mit ausgezeichnetener Hochachtung

A. Einstein

Das Jubiläumsjahr des 125. Geburtstages wurde in Ulm mit zahlreichen wissenschaftlichen und festlichen Veranstaltungen gefeiert.

Dieses Buch enthält neun der öffentlichen Vorträge, die im Einstein-Jahr 2004 von der Universität Ulm im Rahmen der *Einstein-Vorlesungen* bzw. des studium generale im Stadthaus Ulm durchgeführt wurden. Physiker, Wissenschaftshistoriker und Einstein-Forscher schildern auf allgemeinverständliche Weise Leben und Werk des Genies Albert Einstein. Der Nobelpreisträger von 1921 ist nicht nur der Schöpfer der Speziellen und Allgemeinen Relativitätstheorie, sondern hat auch mit seinen bahnbrechenden Arbeiten über das Universum, die Atome, das Licht und die Quanten unser modernes Weltbild revolutioniert.

Mein besonderer Dank gilt allen Vortragenden, die ohne Ausnahme spontan meiner Einladung gefolgt sind, eine der Ulmer *Einstein-Vorlesungen* zu übernehmen, und den Autorinnen und Autoren dieses Buches, die neben vielen anderen Verpflichtungen die Mühe auf sich genommen haben, die Vorträge schriftlich auszuarbeiten.

Die *Einstein-Vorlesungen* wurden ermöglicht durch die freundliche Unterstützung des Rektorats der Universität Ulm, der Ulmer Universitätsgesellschaft, der Stadt Ulm, des Stadthauses Ulm und der Sparkasse Ulm. Allen Sponsoren sei an dieser Stelle nochmals gedankt.

Inhaltsverzeichnis

Albert Einstein: Von Ulm nach Princeton <i>Frank Steiner</i>	1
Wie Einstein die Relativitätstheorie fand <i>Jürgen Renn</i>	41
Der Zeitbegriff in Einsteins Relativitätstheorien <i>Jürgen Ehlers</i>	79
Weiße Zwerge, Neutronensterne und Schwarze Löcher <i>Norbert Straumann</i>	93
Galaxien und massive Schwarze Löcher <i>Reinhard Genzel</i>	123
Was Einstein sicher auch gern gesehen hätte – Visualisierung relativistischer Effekte <i>Ute Kraus, Hanns Ruder, Corvin Zahn, Marc Borchers, Daniel Weiskopf</i>	133
Im Fadenkreuz von politischer Polizei und Geheimdiensten: Albert Einstein <i>Siegfried Grundmann</i>	151
„Die meiste Lebensfreude kommt aus meiner Geige“ – Albert Einstein und die Musik <i>Anita Ehlers</i>	171
Einsteins kosmische Religiosität <i>Frank Steiner</i>	191
Personenverzeichnis	219
Abbildungsnachweis	223

Autoren

Marc Borchers

Dr., Institut für Astronomie und
Astrophysik
Universität Tübingen
Auf der Morgenstelle 10 C
72076 Tübingen

Anita Ehlers

Kunigundenstraße 14
80802 München
anita.ehlers@t-online.de

Jürgen Ehlers

Prof. Dr., Max-Planck-Institut für
Gravitationsphysik
(Albert-Einstein-Institut)
Am Mühlberg 1
14476 Golm
christin@aei.mpg.de

Reinhard Genzel

Prof. Dr., Max-Planck-Institut für
Extraterrestrische Physik
Giessenbachstraße
85748 Garching
und Department of Physics
University of California
Berkeley, USA
genzel@mpe.mpg.de

Siegfried Grundmann

Prof. Dr., Weichselstraße 1
10247 Berlin

Ute Kraus

PD Dr., Institut für Astronomie und
Astrophysik
Universität Tübingen
Auf der Morgenstelle 10 C
72076 Tübingen
kraus@tat.physik.uni-tuebingen.de

Jürgen Renn

Prof. Dr., Max-Planck-Institut für
Wissenschaftsgeschichte
Wilhelmstraße 44
10117 Berlin
renn@mpiwg-berlin.mpg.de

Hanns Ruder

Prof. Dr., Institut für Astronomie
und Astrophysik
Universität Tübingen
Auf der Morgenstelle 10C
72076 Tübingen
kraus@tat.physik.uni-tuebingen.de

Frank Steiner

Prof. Dr., Abteilung Theoretische
Physik
Universität Ulm
Albert-Einstein-Allee 11
89069 Ulm
frank.steiner@uni-ulm.de

Norbert Straumann

Prof. em. Dr., Institut für Theoretische Physik
Universität Zürich
Winterthurerstraße 190
8057 Zürich, Schweiz
`norbert.straumann@freesurf.ch`

Corvin Zahn

Diplom-Physiker, Institut für
Astronomie und Astrophysik
Universität Tübingen
Auf der Morgenstelle 10 C
72076 Tübingen

Daniel Weiskopf

Dr., Institutsverbund Informatik
Institut für Visualisierung und
Interaktive Systeme (VIS)
Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
70569 Stuttgart

Albert Einstein: Von Ulm nach Princeton

Frank Steiner

1 Einleitung

Albert Einstein ist der größte Physiker des 20. Jahrhunderts und der größte Physiker überhaupt seit Newton [1]. Seine bahnbrechenden und großartigen fundamentalen Arbeiten über Raum und Zeit, Masse und Energie, die Schwerkraft und das Universum, über die Atome, das Licht und die Quanten haben die Physik des letzten Jahrhunderts revolutioniert. Viele seiner Erkenntnisse wie z. B. die Spezielle Relativitätstheorie von 1905 wurden inzwischen millionenfach experimentell überprüft und zählen heute zum Basiswissen, das bereits auf dem Gymnasium von begabten Schülern erlernt werden kann. Einsteins Ideen und Werk, aus rein theoretischer Grundlagenforschung entstanden, bilden auch die Grundlage für viele Anwendungen in der modernen Technik und Medizin. So hat Einstein mit einer Arbeit von 1916 die Grundlage für den Laser geschaffen, und das moderne Navigationssystem GPS würde ohne die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie von 1915 nicht funktionieren. Einsteins Vermächtnis ist auch im Jahr seines 125. Geburtstages in der aktuellen Forschung allgegenwärtig und wird noch für das ganze 21. Jahrhundert von entscheidender Bedeutung sein [1].

Das Phänomen Einstein ist aber nicht annähernd erfasst, wenn es allein auf seine Wissenschaft beschränkt wird. Die Popularität Einsteins und die Faszination, die von ihm ausgeht, hält ungebrochen an, man ist geneigt zu sagen: paradoxer Weise, denn seine Theorien werden in der breiten Öffentlichkeit i. A. kaum verstanden. Selbst die Bedeutung der Buchstaben E , m , und c in seiner legendären Formel $E = mc^2$ ist den meisten Menschen unbekannt, wie eine Umfrage vor kurzem in Deutschland ergeben hat. Auch die beliebte Redewendung „Alles ist relativ“ wird meist falsch interpretiert im Sinne eines allgemeinen Relativismus, der in letzter Konsequenz auch die Relativität aller ethischen Grundsätze rechtfertigt.

2 „Genie wird nicht immer gleich erkannt“ [3]

Die Vorfahren Albert Einsteins waren jüdischer Herkunft und seit Jahrhunderten in Schwaben ansässig [4]. Der Vater Hermann kam 1847 in Bad Buchau am Federsee (einer kleinen Stadt etwa 50 km südlich von Ulm gelegen) zur



Abb. 1: Albert Einsteins Geburtshaus in der Ulmer Bahnhofstraße

Welt, wo ein Urahn namens Baruch Moysis Ainstein bereits 1665 in den Ratsprotokollen erwähnt wird. Hermann Einstein (gest. 1902) absolvierte die Realschule bis zur Mittleren Reife und eine kaufmännische Lehre in Stuttgart. Um 1870 trat er als Teilhaber in die Ulmer Bettfedernhandlung Israel und Levi ein, die sich im Erdgeschoss des heute noch erhaltenen Hauses auf dem Weinhof 19 befand. 1876 heiratete er Pauline Koch (gest. 1920), die 1858 in Cannstatt geboren wurde und deren Familie (bis 1842 unter dem Namen Dörzbacher) im Jahr 1852 von Jebenhausen bei Göppingen nach Cannstatt übersiedelt war.

Albert Einstein wurde am 14. März 1879 in Ulm geboren. Sein Geburtshaus in der Bahnhofstraße, Ecke Keltergasse wurde im Verlauf der schwersten Bombardierung Ulms am Adventssonntag, dem 17. 12. 1944 vollständig zerstört.

A.

Nr. 224.

Ulm am 16. März 1879.

Vor dem unterzeichneten Standesbeamten erschien heute, der
Persönlichkeit nach

In taucht,
Ino Augustum Hermann Einstein,

wohnhaft zu Ulm in der Poststraße Nr. 10.
Evangelischer Religion, und zeigte an, daß von der

Fräulein Einstein geb. Koch,
früher in Ulm

wohnhaft in Ulm Religion,

zu Ulm in der Poststraße

am zweizehnten März des Jahres
tausend acht hundert achtundzwanzig und unten Gewöhnliche

um elf Uhr ein Kind unwillkürlichen
Geschlechts geboren worden sei, welches Dem Vornamen

Albert

erhalten habe.

Vorgelesen, genehmigt und unterschriftet
Hermann Einstein

Der Standesbeamte.

Hartmann

Die Uebereinstimmung mit dem Hauptregister beglaubigt.

Ulm am 16. März 1879.

Der Standesbeamte.

In Ulm

Abb. 2: Albert Einsteins Geburtsurkunde

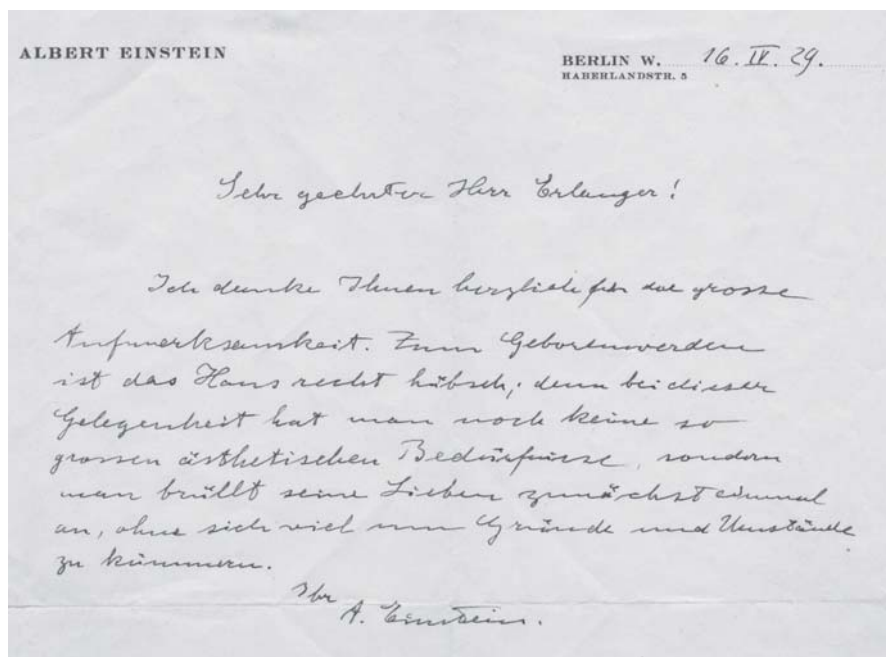


Abb. 3: Brief Albert Einsteins vom 16. April 1929 an Carlos Erlanger mit einer Bemerkung über sein Geburtshaus

Albert Einsteins jüngere Schwester Maria Winteler-Einstein (1881 – 1951), genannt Maja, schrieb später über ihren Bruder: „Als er zur Welt kam, glaubte die Mutter, durch den Anblick des außergewöhnlich großen eckigen Hinterkopfes erschreckt, vorerst an eine Missgeburt. Erst der Arzt vermochte sie zu beruhigen, und nach einigen Wochen war die Form des Schädels normal. ... Die sonstige Entwicklung ging im Kindesalter langsam vor sich, und mit der Sprache ging es so schwer, dass die Umgebung befürchtete, es würde nie sprechen lernen“. [6] Und Einstein selbst schrieb ein Jahr vor seinem Tod: „Es ist wahr, dass meine Eltern besorgt waren, weil ich verhältnismäßig spät zu sprechen begann, so dass sie deshalb den Arzt konsultierten. ... Meine Entwicklung war aber durchaus normal bis auf die Absonderlichkeit, dass ich meine eigenen Worte leise zu wiederholen pflegte“. [7]

Im Juni 1880 zog die junge Familie Einstein von Ulm nach München um, wo der Vater zusammen mit seinem Bruder Jakob (1850 – 1912) eine Elektrofirma gründete und ein Jahr später Maja geboren wurde. „Wäre der Vater Hermann in Ulm verblieben“, lesen wir bei Maja [8], „so wäre auch dem Sohne Albert eine sorgenfreiere Jugend beschieden gewesen“. Diese Bemerkung spielt nicht auf die weit verbreitete Legende vom „schlechten Schüler“ Ein-

stein an, sondern bezieht sich auf die wirtschaftliche Situation der Familie in München.

Obwohl Einstein sich später über die Münchner Schulzeit nur negativ äußerte („Die Lehrer in der Elementarschule kamen mir wie Feldwebel vor und die Lehrer am Gymnasium wie Leutnants“ [9]), ist er tatsächlich ein sehr guter Schüler gewesen. Als er 15-jährig das Gymnasium in München abbrach, ohne Vater und Mutter zu fragen, wahrscheinlich um dem Militärdienst zu entgehen, und seinen Eltern nach Mailand folgte, wo der Vater inzwischen nochmals eine Firma gegründet hatte, bestätigte ihm auf Wunsch sein Mathematiklehrer, dass er das Pensum in diesem Fach bis zum Abitur beherrsche und überhaupt ein „vorzüglicher Mathematiker“ sei. Auch in Latein und Griechisch hatte er eine Eins beziehungsweise eine Zwei. In den historischen Fächern allerdings besaß er große Lücken, wie er im Herbst 1895 erfahren musste, als er – zwei Jahre jünger als das vorgeschriebene Mindestalter von 18 – mit einer Ausnahmegenehmigung zur Prüfung am Polytechnikum in Zürich zugelassen wurde. Die Prüfung bestand er jedoch nicht! Zwar wurde ihm wieder bestätigt, dass seine Leistungen in Mathematik und Physik hervorragend seien, aber es wurde ihm geraten, sich die Berechtigung zum Studium an der Kantonsschule in Aarau in einem weiteren Schuljahr zu erwerben.

Kurz nachdem Einstein in die Kantonsschule aufgenommen worden war, erhielt er auf Antrag seines Vaters im Januar 1896 die Entlassungsurkunde aus der württembergischen Staats- und damit aus der deutschen Reichsangehörigkeit und war damit für die nächsten fünf Jahre staatenlos, bis er im Februar 1901 Schweizer Staatsbürger wurde.

Im Herbst 1896 erhielt Einstein als Bester seines Jahrgangs die Matura und immatrikulierte sich mit siebzehneinhalb Jahren am Polytechnikum in Zürich (der späteren Eidgenössischen Technischen Hochschule) in der Mathematischen Sektion, in der Mathematik, Physik und Astronomie gelehrt wurde. Hier lernte Einstein seine erste Frau Mileva Marić (1875–1948) kennen, die einzige Studentin in seiner Sektion. Sie war in Titel auf die Welt gekommen, einem serbischen Dorf in der Nähe von Novi Sad in der Woiwodina, welche damals zum ungarischen Teil der k.u.k. Monarchie gehörte.

Im achten Semester fertigte Einstein seine Diplomarbeit an und erhielt im Juli 1900 im Alter von 21 Jahren das Diplom als Fachlehrer in mathematischer und naturwissenschaftlicher Richtung. Seine Hoffnung auf eine Assistentenstelle in der Schweiz, in Deutschland, Holland oder Italien erfüllte sich nicht. 1901 arbeitete er deshalb als Hilfslehrer in einer Privatschule in Schaffhausen. Nach seinem Umzug nach Bern im Februar 1902 bot er sogar per Inserat Privatstunden an – Probestunden gratis! Im Juni 1902 schließlich wurde Einstein als Technischer Experte III. Klasse am Schweizer Patentamt in Bern angestellt und dort 1906 – nachdem er bereits seine die Physik umwälzende Arbeit zur Speziellen Relativitätstheorie veröffentlicht hatte – zum Experten II. Klasse befördert. Er arbeitete am Berner Patentamt bis zum

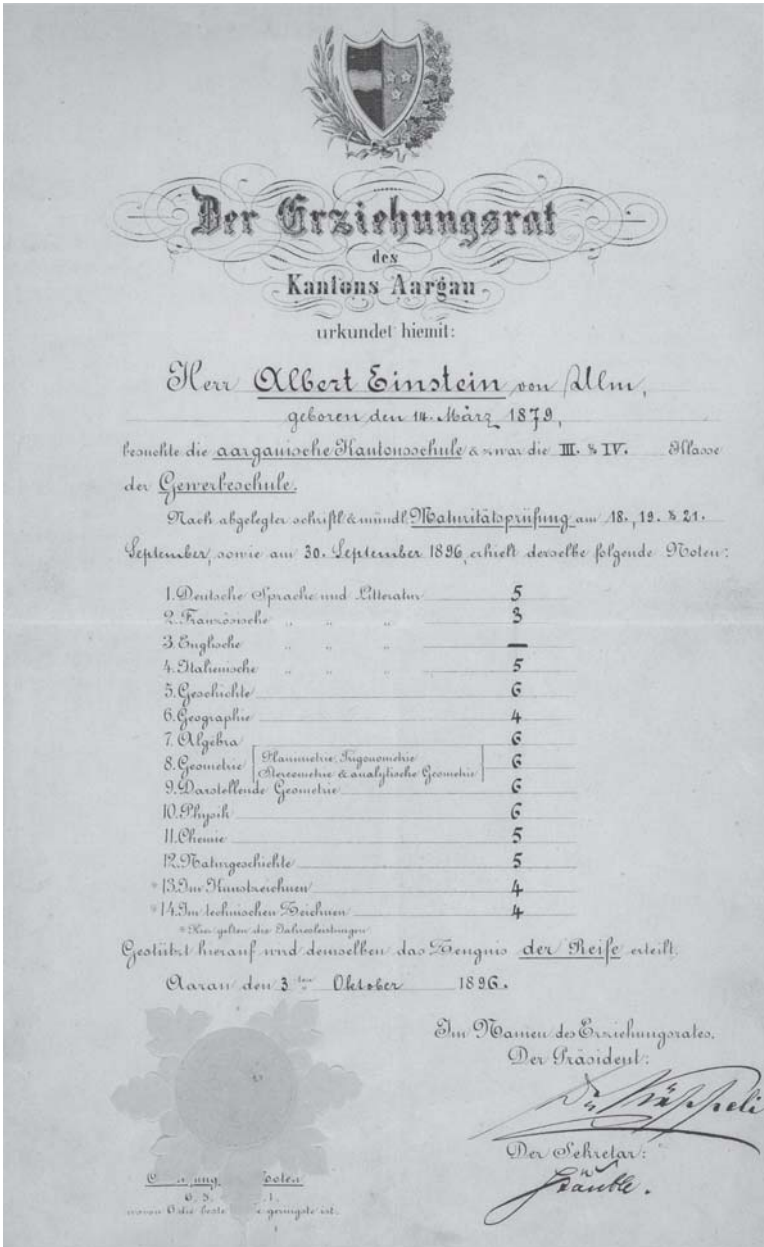


Abb. 4: Albert Einsteins Maturitätszeugnis der Kantonsschule Aarau, 3. Oktober 1896. (6 entspricht der besten Note) (Courtesy of the Albert Einstein Archives, The Hebrew University of Jerusalem, Israel)



Abb. 5: Albert und Mileva Einstein, 1911

Antritt seiner ersten Professur für Theoretische Physik an der Universität Zürich im Oktober 1909.

Es war eine Sensation, als 1986 die Liebesbriefe von Albert Einstein und Mileva Marić gefunden wurden, die sich über den Zeitraum von 1897 bis 1903 erstrecken. [10] Diese Briefe zeigen uns den verliebten jungen Mann, seine Beziehung zu seiner ersten Frau und geben einen Einblick in seine intellektuelle Entwicklung, kurz bevor er die bahnbrechenden Theorien veröffentlichte, welche die Physik revolutionieren und ihn weltberühmt machen sollten. Bereits in diesen Briefen erkennen wir eine charakteristische Eigenschaft, die Einstein sein Leben lang auszeichnete: absolute geistige Unabhängigkeit sowohl in wissenschaftlichen und politischen Fragen als auch gegenüber Menschen und Institutionen, „das Misstrauen gegen jede Art von Autorität“ [11], wie er es später selbst einmal nannte. In diesem Sinne zitiert er Ludwig Uhland in einem Brief an Mileva vom August 1900: „Doch der wackre Schwabe forcht sich nit.“ [12]

Bis zur Entdeckung dieser Briefe wusste die Welt nichts von der Existenz der gemeinsamen vorehelichen Tochter Lieserl, die im Januar 1902 in

Novi Sad geboren wurde und deren weiteres Schicksal bis heute im Dunkeln liegt. [13] Im Januar 1903, einige Monate nach seiner Anstellung am Patentamt, heiratete er Mileva, mit der er zwei Söhne hatte: Hans Albert (1904–1973) und Eduard (1910–1965). Wenige Monate nachdem Einstein 1914 auf Betreiben unter anderem von Max Planck und mit der Bestätigung Kaiser Wilhelms II. als Mitglied der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften und als Professor ohne Lehrverpflichtungen an der Universität Berlin von Zürich nach Berlin gewechselt war, kehrte Mileva mit den Söhnen nach Zürich zurück. Die Ehe wurde 1919 geschieden, und noch im selben Jahr heiratete Einstein seine zweifache Cousine Elsa Löwenthal, geborene Einstein (1876–1936).

3 Das „annus mirabilis“ 1905

Im Jahr 1905, welches als „annus mirabilis“, als das Wunderjahr Albert Einsteins bezeichnet wird, verfasste der unbekannte, erst 26-jährige Patentamtsangestellte fünf Arbeiten, welche die Physik revolutionieren sollten. Die fünf Arbeiten reichte Einstein in der unbegreiflich kurzen Zeitspanne zwischen dem 17. März und dem 27. September 1905 bei der damals führenden deutschen physikalischen Fachzeitschrift, den „Annalen der Physik“, ein. In der ersten Arbeit stellt er eine vollkommen neue Theorie des Lichts auf, in dem er eine neue Sorte von Elementarteilchen, die so genannten Lichtquanten einführt. Mit der zweiten und dritten Arbeit wird Einstein zu einem der bedeutendsten Verfechter der 1905 noch heftig umstrittenen These von der Existenz der Atome. Die vierte Arbeit enthält die Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie, und schließlich in der fünften und letzten Arbeit dieses Wunderjahres leitet Einstein seine legendäre Formel $E = mc^2$ her.

In dem im Mai 1905 geschriebenen Brief an seinen Freund Conrad Habicht, dem „wohl erstaunlichsten Brief der Wissenschaftsgeschichte“ [14], schreibt Einstein in der für viele seiner Briefe typischen humorvollen Art: „Was machen Sie denn, Sie eingefrorener Walfisch, Sie geräuchertes, 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 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 Lichts und ist sehr revolutionär, wie Sie sehen werden, wenn Sie mir Ihre Arb[eit] vorher schicken. Die zweite Arbeit ist eine Bestimmung



Abb. 6: Albert Einstein im Patentamt in Bern (1905)

der wahren Atomgröße aus der Diffusion und inneren Reibung der verdünnten flüssigen Lösungen neutraler Stoffe. Die dritte beweist, daß unter der Voraussetzung der molekularen Theorie der Wärme in Flüssigkeiten suspendierte Körper von der Größenordnung $\frac{1}{1000}$ mm bereits eine wahrnehmbare 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 Bewegung von ihnen , Brown'sche Molekularbewegung' genannt wird. Die vier[te] Arbeit liegt erst im Konzept vor und ist eine Elektrodynamik bewegter Körper unter Benützung einer Modifikation von Raum und Zeit; der rein kinematische Teil dieser Arbeit wird Sie sicher interessieren. Es grüßt Sie Ihr A. E. . . . Freundlichen Gruß von meiner Frau und dem nun 1 Jahr alten Pieps-Vogel. Schicken Sie bald Ihre Arbeit!'' [15] (Man beachte, dass Einstein hier nur von vier Arbeiten spricht, da er bei der Abfassung dieses Briefes im Mai 1905 selbst noch nichts von seiner fünften Arbeit wusste.)

In der ersten, der einzigen von Einstein selbst als „revolutionär“ bezeichneten Arbeit, postuliert er zur Erklärung des photoelektrischen Effekts die Existenz von Lichtquanten oder Photonen, die tatsächlich 18 Jahre später experimentell nachgewiesen wurden. Danach besitzt das Licht und allgemeiner jede elektromagnetische Strahlung wie die Röntgenstrahlung nicht nur, wie seit Newton und Maxwell angenommen, einen Wellencharakter, sondern verhält sich gleichzeitig auch teilchenartig, indem es mittels der Photonen Energie unstetig in kleinen Portionen, den „Quanten“, aufnehmen und abgeben kann. Dieser so genannte Teilchen-Welle-Dualismus bildet die Grundlage der Quantentheorie und damit der modernen Atom-, Molekül-, Festkörper-, Halbleiter-, Kern- und Elementarteilchenphysik. Durch diese Arbeit wird Einstein zum eigentlichen Vater der Quantenphysik. Wie revolutionär diese Arbeit tatsächlich war, kann auch daraus ermessen werden, dass selbst Max Planck, der den Begriff der Quanten erstmals im Jahr 1900 einführte, noch 1913 in seinem (gemeinsam mit Walther Nernst, Heinrich Rubens und Emil Warburg eingebrachten) Wahlvorschlag zur Aufnahme Einsteins als ordentliches Mitglied in die Preußische Akademie der Wissenschaften sich kritisch über Einsteins Lichtquanten äußerte. Wir lesen dort: „Zusammenfassend kann man sagen, dass es unter den großen Problemen, an denen die moderne Physik so reich ist, kaum eines gibt, zu dem nicht Einstein in bemerkenswerter Weise Stellung genommen hätte. Dass er in seinen Spekulationen gelegentlich auch einmal über das Ziel hinausgeschossen haben mag, wie z. B. in seiner Hypothese der Lichtquanten, wird man ihm nicht allzuschwer anrechnen dürfen; denn ohne einmal ein Risiko zu wagen, lässt sich auch in den exaktesten Naturwissenschaften keine wirkliche Neuerung einführen.“ [16] Für diese Arbeit – nicht für die Relativitätstheorie – erhielt Einstein 1922 rückwirkend für das Jahr 1921 den Nobelpreis für Physik.

Die zweite, nur sechs Wochen später eingereichte Arbeit trägt den Titel „Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen“. Einstein betrachtet die Bewegung großer Moleküle in wässriger Lösung und berechnet mit anspruchsvollen mathematischen Methoden erstmals den Durchmesser von Zuckermolekülen und die Anzahl (Avogadro'sche Zahl) der Moleküle in einem gegebenen Volumen. Im Juli 1905 reicht Einstein diese Arbeit als Dissertation an der Universität Zürich ein und wird damit am 15. Januar 1906 von der „Ho-

hen Philosophischen Fakultät (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Sektion)“ zum Dr. phil. promoviert. Die Dissertation Einsteins ist eine der am häufigsten zitierten Arbeiten überhaupt in Physik und Chemie bis hin zur Physiologie und findet beispielsweise Anwendung in der Ökologie (Aerosole in der Atmosphäre) und in der Molkereikunde (Kaseinpartikel in Milch bei der Käseherstellung).

Keine zwei Wochen später reicht Einstein seine dritte Arbeit ein, die ebenfalls ein „Zitationsklassiker“ werden sollte. In dieser Arbeit entwickelt er eine Theorie der „Brownschen Molekularbewegungen“, die bereits 1828 von dem Botaniker Robert Brown entdeckt worden war. Dieser hatte die chaotische Zitterbewegung von Pollen in Wasser unter dem Mikroskop beobachtet. Einstein erklärt diese Bewegung durch die Stöße, die die Wassermoleküle auf Grund der Wärmebewegung auf die Pollen ausüben und leitet eine Formel her, aus der er die mittlere Verschiebung der Pollen als Funktion der Zeit berechnet. Seine Theorie wurde 1909 durch Jean Perrin (Nobelpreis 1926) experimentell bestätigt und trug wesentlich dazu bei, dass auch die letzten Zweifler von der Realität der Moleküle und Atome überzeugt waren. Mit dieser Arbeit hat Einstein einen ganz neuen Zweig der Physik begründet: die statistische Behandlung von Schwankungsphänomenen mit Methoden der mathematischen Wahrscheinlichkeitstheorie. Heute finden diese Methoden mannigfache Anwendungen, so in der Ökonophysik und Finanzmathematik zur Beschreibung von Börsenkurven.

Einsteins vierte Arbeit von 1905, knapp sieben Wochen nach der dritten eingereicht, trägt den Titel „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ und enthält die Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie. Seit Newton – durch Kant noch philosophisch untermauert – hatte man geglaubt, dass es in allen Bezugssystemen (beispielsweise auf der Erde und in einer sich schnell bewegenden Rakete) ein und dieselbe absolute und universelle Zeit gäbe. Indem Einstein fragt, was es bedeutet, von zwei Ereignissen, die in zwei sich relativ zueinander bewegten Systemen stattfinden, zu sagen, sie geschähen gleichzeitig, gelangt er zu einem neuen Zeitbegriff: Jedes der beiden Systeme führt seine eigene Zeit mit sich. [17] Ausgehend von seiner Definition der Zeit stellt Einstein eine neue Theorie der Mechanik auf, die die Klassische Mechanik von Newton ersetzt, und gibt eine gänzlich neue Interpretation der Maxwell'schen Elektrodynamik. Die zum Teil paradox anmutenden und unserer alltäglichen Erfahrung scheinbar widersprechenden Voraussagen der Theorie wurden seitdem millionenfach experimentell bestätigt. [18] Heute zählt die Spezielle Relativitätstheorie zum festen Bestand der modernen Physik, ohne die weder eine Fernsehöhre noch die großen Elementarteilchenbeschleuniger z. B. am DESY in Hamburg und am CERN in Genf und auch die Raumfahrt und die Satellitentechnik funktionieren würden. Die Relativitätstheorie Einsteins hat auch die Philosophie des 20. Jahrhunderts entscheidend beeinflusst und Kants Aussagen über die Existenz synthetischer Urteile a priori