

Vorwort

Wenn man Menschen nach den bedeutendsten Physikern der Neuzeit fragt, so dürfte man einige Namen immer wieder hören. Albert Einstein wird sicher dabei sein, ebenso wie Isaac Newton oder Galileo Galilei. Auch Stephen Hawking werden viele kennen, beispielsweise durch seinen Bestseller „Eine kurze Geschichte der Zeit“ oder durch die Fernsehserie „The Big Bang Theory“. Wo aber steht Richard Feynman, um den es in diesem Buch gehen wird?

Zur Jahrtausendwende hat das bekannte Physikportal Physics World der britischen physikalischen Gesellschaft „Institute of Physics“ (<http://physics-world.com/>) die folgende Top-Ten-Liste der zehn besten Physiker aller Zeiten aufgestellt¹:

1. Albert Einstein	Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie
2. Isaac Newton	Grundgesetze der Mechanik, Gravitationsgesetz
3. James Clerk Maxwell	Grundgesetze der Elektrodynamik
4. Niels Bohr	Quantenmechanik, Atommodell
5. Werner Heisenberg	Quantenmechanik, Unschärferelation
6. Galileo Galilei	Trägheitsgesetz, Fallgesetze, Fernrohr
7. Richard Feynman	Quantenelektrodynamik, Feynman-Diagramme
8. Paul Dirac	Quantenmechanik, Dirac-Gleichung
9. Erwin Schrödinger	Quantenmechanik, Schrödinger-Gleichung
10. Ernest Rutherford	Atommodell, Streuversuch

¹ siehe z. B. CERN Courier vom 26. Januar 2000, <http://cerncourier.com/cws/article/cern/28153>

Auch andere Namen wie beispielsweise Enrico Fermi, Max Planck oder Michael Faraday hätten hier durchaus einen Platz verdient gehabt, und über die Reihenfolge lässt sich sicher ebenfalls streiten. Stephen Hawking taucht in der Liste nicht auf – es ist wohl einfach noch zu früh, um seinen Beitrag zur Physik richtig einschätzen zu können.

Dass Albert Einstein an der Spitze steht, dürfte die meisten Menschen wohl kaum überraschen. Er prägte zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts die Physik wie kaum ein anderer, indem er unsere Ansichten über das Wesen von Raum und Zeit revolutionierte und ihre tiefe Verbindung zur Gravitation offenlegte. Seine Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie bilden einen der beiden Grundpfeiler der modernen Physik.

Ebenso ist die Spitzenstellung von Isaac Newton und James Clerk Maxwell klar. Sie haben die Grundgesetze der Mechanik und Gravitation bzw. des elektromagnetischen Feldes formuliert und damit die Grundlagen gelegt, auf denen die gesamte klassische Physik basiert.

Andere Namen sind eng mit der Entwicklung der Quantenmechanik verbunden, die in den 1920er Jahren unser physikalisches Weltbild erschütterte und dies bis heute tut. Die Quantenmechanik ist der andere Grundpfeiler der modernen Physik – beide Säulen werden uns an vielen Stellen in diesem Buch begegnen.

Den jüngsten Physiker in dieser Liste finden wir auf Platz sieben (Abb. 1). Es ist Richard Feynman! Diese Platzierung ist sicher ein Traumergebnis, wenn man sich mit Genies wie Einstein, Newton oder Maxwell messen muss.

Richard Feynman (Abb. 2) war eine der eindrucksvollsten und bekanntesten Persönlichkeit der Physik im mittleren und späten zwanzigsten Jahrhundert. Das lag zum einen an seinen herausragenden physikalischen

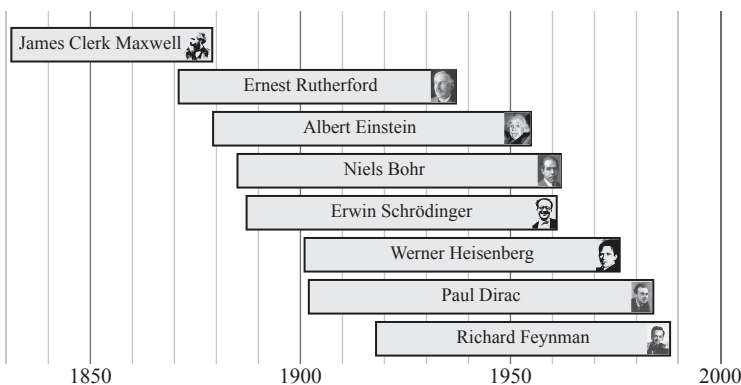


Abb. 1 Lebenszeiten der bekanntesten Physiker ab dem Jahr 1830



Abb. 2 Richard Feynman im Jahr 1984 © Tamiko Thiel, CC-BY-SA 3.0 Unported

Leistungen, um die es in diesem Buch immer wieder gehen wird. Feynman gehörte zur ersten Generation junger Physiker, die bereits im Studium mit den Erkenntnissen der noch jungen Quantenmechanik vertraut gemacht wurden. So vorbereitet gelang es ihm und einigen seiner Kollegen später, die enormen Schwierigkeiten zu überwinden, die sich bei der Vereinigung von Einsteins Spezieller Relativitätstheorie mit den Prinzipien der Quantenmechanik auftraten. Während sich seine Kollegen dabei meist auf abstrakte mathematische Formalismen verließen, vertraute Feynman auf einen eher intuitiven Ansatz, der typisch für ihn war. Ausgehend von seiner anschaulichen Vorstellung über das Quantenverhalten von Teilchen erschuf er eine vollkommen neue Formulierung der Quantentheorie, die heute zum Standardwerkzeug in der relativistischen Quantentheorie geworden ist: Pfadintegrale und Feynman-Diagramme. Für diese Leistung erhielt er im Jahr 1965 zusammen mit Julian Schwinger und Shin'ichirō Tomonaga den Physik-Nobelpreis.

Doch Feynman gab sich damit nicht zufrieden. Er war an vielen Aspekten der Physik interessiert und ließ sich nur ungern auf ein einziges Spezialgebiet festlegen. Mit seiner physikalischen Intuition, seinen mathematischen Fähigkeiten und seinem tiefen Verständnis der Quantentheorie gelang es ihm, auch in anderen Bereichen der Physik Wegweisendes zu leisten, beispielsweise in der Physik sehr tiefer Temperaturen (Supraleitung und Supraflüssigkeit). Bei der sogenannten schwachen Wechselwirkung, die unter anderem den radioaktiven Betazerfall von Atomkernen auslöst, erklärten er und andere, wie dabei die Spiegelsymmetrie der Natur verletzt wird – die Natur unterscheidet tatsächlich grundlegend zwischen rechts und links! In der Teilchenphysik zeigte er, wie sich die Streudaten von hochenergetischen Elektronen an Protonen dadurch erklären ließen, dass die Elektronen von kleinen Bausteinen innerhalb des Protons (Partonen bzw. Quarks) aus ihrer Bahn geworfen werden.

Feynman interessierte sich zeitlebens sehr für Computer und die physikalischen Grundlagen des Rechnens, wobei er später auch die Quantenmechanik mit einbezog. Mittlerweile haben sich Quantencomputer zu einem sehr aktiven Forschungsgebiet gemauert. Er war auch einer der Ersten, die sich mit einer Quantenbeschreibung der Gravitation befassten, also einer Quantisierung von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie. Noch heute gilt dies als das wohl größte ungelöste Problem der Physik. Heerscharen von Physikern mühen sich daran ab, beispielsweise im Rahmen der Stringtheorie oder der Loop-Quantengravitation oder als Experimentatoren an Großgeräten wie dem LHC am CERN in Genf.

Doch Feynman war nicht nur ein großer Physiker. Ein großer Teil seiner Bekanntheit und Beliebtheit geht sicher auf seinen außergewöhnlichen Charakter zurück. Er war ein unkonventioneller, lebensfroher Mensch – eher der künstlerische Freidenkertyp als der klassische, etwas angestaubte Universitätsprofessor, wie man ihn sich häufig vorstellt. Neben seiner Leidenschaft für die Physik besuchte er gerne Strip-Clubs, spielte Bongos und entdeckte in späteren Jahren auch seine Liebe zum Zeichnen und Malen. Anders als manche seiner Kollegen hatte er keinerlei Interesse an irgendwelchen Insignien der Macht, deren pompöse Zurschaustellung ihm zuwider war. Außerdem liebte er es, den Dingen auf den Grund zu gehen und so lange an einem Problem zu tüfteln, bis er die Lösung gefunden hatte. Dabei hatte er kein Problem damit, eigene Fehler einzugestehen, und er hasste es, wenn andere aus Eitelkeit oder Starrsinn dazu nicht bereit waren. Sein Leitspruch war: „Der oberste Grundsatz ist, dass man sich nichts vormachen darf – und sich selbst kann man am leichtesten etwas vormachen.“²

Feynman war ein charismatischer Redner und hatte ein Gespür für Dramaturgie, mit der er seine Zuhörer fesseln und begeistern konnte. Mit seiner humorvollen und leidenschaftlichen Art zog er sein Publikum in seinen Bann, sodass man am Schluss das Gefühl hatte, etwas Wichtiges verstanden zu haben – auch wenn man sich nicht immer daran erinnern konnte, was genau das gewesen war.

Im Internet kann man viele Videos finden, die Feynman in Aktion zeigen, sodass sich auch heute noch jeder ein Bild von seinem mitreißenden Vortragsstil machen kann. So hat Bill Gates, bekannt als Gründer von Microsoft, die BBC-Videos von sieben Vorlesungen Feynmans erworben und sie im Internet unter <http://research.microsoft.com/apps/tools/tuva/> für jeden frei zugänglich gemacht. Feynman hatte die Vorlesungen 1964 unter

² “The first principle is that you must not fool yourself – and you are the easiest person to fool”, aus Feynman: *Surely You're Joking, Mr. Feynman!*

dem Titel *The Character of Physical Law* in seinen *Messenger Lectures* an der Cornell-Universität gehalten. Schauen sie da unbedingt einmal rein – die Vorlesungen sind ein wahrer Genuss!

Viele der Vorlesungen Feynmans wurden auch mitgeschrieben und in Buchform veröffentlicht. Noch heute sind seine *Feynman Lectures on Physics* (*Feynman-Vorlesungen über Physik*) aus den Jahren 1961–1963 eine Fundgrube für jeden Physikstudenten und -dozenten. Feynmans tiefe Begeisterung für die Physik kommt darin besonders gut zum Vorschein. Er denkt alle Aspekte der Physik auf seine ihm eigene erfrischende Art und Weise neu durch, wobei manche Einsicht zutage tritt, die man in anderen physikalischen Standardwerken vergeblich sucht. Kein Wunder, dass die *Feynman Lectures* auch nach mehr als einem halben Jahrhundert immer noch unvermindert gedruckt und gekauft werden, was kaum ein anderes Lehrbuch der Physik von sich behaupten kann.

Feynmans Persönlichkeit prädestinierte ihn für eine Aufgabe, die er in seinen letzten Lebensjahren trotz seiner fortschreitenden Krebserkrankung mit viel Energie anging und die ihn in der breiteren Öffentlichkeit bekannt machte: Die Mitarbeit in der Untersuchungskommission zur Explosionskatastrophe, bei der im Januar 1986 alle sieben Besatzungsmitglieder des Spaceshuttles Challenger kurz nach dem Start ums Leben kamen. Anders als manche seiner Kommissionskollegen, die ihre Zeit eher in Meetings verbrachten, ging er direkt zu den Technikern und Ingenieuren der NASA und stieß bald auf die Ursache der Explosion: ein Gummidichtungsring, der bei dem frostigen Wetter am Starttag seine Flexibilität verloren hatte, sodass heißes Gas austreten konnte. Unvergessen sind die Bilder, in denen Feynman vor laufenden Kameras einen solchen Dichtungsring in ein Glas Eiswasser tauchte und so für alle sichtbar machte, wo das Problem lag.

Über das Leben von Richard Feynman und die unzähligen Anekdoten, die sich um seine Person ranken, sind bereits mehrere Bücher geschrieben worden – einige davon hat er sogar selbst verfasst. Das vorliegende Buch soll daher keine weitere umfassende Feynman-Biografie sein. Natürlich spielt der Lebensweg von Feynman auch in diesem Buch eine Rolle und dient als Leitfaden. Im Mittelpunkt soll jedoch das stehen, was Feynman selbst so sehr liebte: die Physik!

Wir wollen versuchen zu verstehen, was Feynman daran so faszinierte und welche Ideen er selbst und seine Kollegen dazu beisteuerten. Dabei werden wir uns intensiv mit einer tragenden Säule der modernen Physik beschäftigen, von der Feynman aus gutem Grund sagt, dass niemand sie wirklich verstehe: die Quantenmechanik. Das bedeutet nicht, dass wir keine präzise Theorie darüber hätten, wie die Quantenmechanik funktioniert – Feynman selbst hat

dazu wichtige Beiträge geleistet. Es bedeutet vielmehr, dass niemand weiß, warum sie ausgerechnet so funktioniert und dabei unsere Begriffswelt auf so eine harte Probe stellt. „But how can it be like that?“ fragt Feynman in seinen *Messenger Lectures* 1964 und illustriert damit den vergeblichen Versuch, die Quantenmechanik mit den uns vertrauten Begriffen zu erfassen. Natürlich kann auch das vorliegende Buch dieses Problem nicht lösen, aber immerhin können wir versuchen zu verstehen, wie die Quantenmechanik tickt und was daran so merkwürdig ist.

Wir wollen Feynmans Weg durch die Physik folgen und sehen, wie er Quantenmechanik und Relativitätstheorie miteinander verband, wie er Antiteilchen, die schwache Wechselwirkung oder eiskaltes supraflüssiges Helium damit beschrieb und wie er über Nanotechnik und Zukunftscomputer nachdachte. Dabei werden wir einer Vielzahl von Themen begegnen, die fundamental für unser heutiges Verständnis der Naturgesetze sind, und so eine Menge über das moderne Weltbild der Physik lernen. Auf mathematische Formeln werden wir dabei fast völlig verzichten – manchmal sind sie in separate Kästen ausgelagert und können übersprungen werden, ohne dass das Gesamtverständnis darunter leidet. Andererseits bieten diese Kästen dem interessierten Leser die Möglichkeit, an der einen oder anderen Stelle auch etwas tiefer in die Thematik einzutauchen.

Feynman wäre im Jahr 2018 einhundert Jahre alt geworden, wenn ihn seine Krankheit nicht schon dreißig Jahre zuvor aus dem Leben gerissen hätte. Ich hoffe, dass es mir ihm zu Ehren mit diesem Buch gelingt, etwas von der Faszination zu vermitteln, die er beim Umgang mit der Physik empfand und die in den folgenden Worten seiner *Messenger Lectures* 1964 zum Ausdruck kommt:

„Our imagination is stretched to the utmost, not, as in fiction, to imagine things which are not really there, but just to comprehend those things which are there. (Unsere Vorstellungskraft wird auf das Äußerste strapaziert, aber nicht, um uns wie in Geschichten Dinge vorzustellen, die nicht wirklich da sind, sondern lediglich um die Dinge zu begreifen, die da sind.)“

Sehr herzlich möchte ich an dieser Stelle Lisa Edelhäuser vom Springer Spektrum Verlag danken. Von ihr stammt die Initiative, das Leben und die Physik Richard Feynmans zu seinem einhundertsten Geburtstag noch einmal in neuer Form als Buch herauszubringen. Immer wieder hat sie das Manuskript Seite für Seite durchgearbeitet, auseinandergenommen und mit ihren vielen konstruktiven Vorschlägen entscheidend zum Gelingen dieses aufwendigen Projekts beigetragen. Bettina Saglio von Springer Spektrum hat

das fertige Manuskript bis zum Druck begleitet und so manche schöne Grafik für das Buch entdeckt. Herzlichen Dank auch an Matthias Delbrück, der das fast fertige Manuskript noch einmal sorgfältig unter die Lupe genommen und viele Verbesserungsvorschläge eingebracht hat. Und schließlich möchte ich meiner Frau Karen und meinen Söhnen Kevin, Tim und Jan für ihre Unterstützung und ihre Geduld danken, wenn das Buchprojekt wieder einmal viel mehr von meiner Zeit in Anspruch nahm als geplant.

Leverkusen, Juni 2017

Jörg Resag



<http://www.springer.com/978-3-662-54796-0>

Feynman und die Physik
Leben und Forschung eines außergewöhnlichen
Menschen

Resag, J.

2018, XIV, 342 S. 101 Abb., 17 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-54796-0