

Bernd Schuh
50 Klassiker Naturwissenschaftler
Von Aristoteles bis Crick & Watson
Gerstenberg Verlag
Hildesheim 2006
ISBN 3-8067-2550-0

Textauszug
S. 4-7, 192-197, 242-247

- | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| 6 Genie und Aberglaube | 56 Blaise Pascal
Horror vacui | 92 Joseph Priestley
Prediger der Gas-Chemie | 132 Justus von Liebig
Chemiker der Landwirtschaft | 172 Iwan Pawlow
Maschinist der Psyche | 220 Albert Einstein
Schöpfer der Relativität |
| 8 Aristoteles
Sammler und Ordner | 60 Robert Boyle
Grenzgänger zwischen Alchemie und Chemie | 96 Antoine Laurent de Lavoisier
Erneuerer der Chemie | 136 Charles Robert Darwin
Zurückhaltender Revolutionär | 176 Henri Becquerel
Epochale Entdeckung im Schatten Röntgens | 226 Niels Bohr
Komplementärer Denker |
| 14 Archimedes
Urvater der mathematischen Physik | 64 Christiaan Huygens
Archimedes des Barock | 102 Jean-Baptiste de Lamarck
Der erste Theoretiker der Evolution | 142 Louis Pasteur
Meister der Keime | 180 Heinrich Hertz
Wegbereiter der Telekommunikation | 232 Linus Pauling
Chemiker für den Frieden |
| 20 Claudius Ptolemäus
Abschluss antiker Astronomie | 68 Isaac Newton
Begründer der theoretischen Physik | 106 Alessandro Volta
Erfinder der Batterie | 146 William Thomson (Lord Kelvin)
Wärme ist Bewegung! | 186 Max Planck
Revolutionär wider Willen | 236 Enrico Fermi
Bändiger der Kernenergie |
| 26 Alhazen
Kreativer arabischer Mittler | 74 Carl von Linné
Buchhalter Gottes | 110 Georges Cuvier
Begründer der vergleichenden Anatomie | 152 James Clerk Maxwell
Der erste Vereiner | 192 Marie Curie
Mutter der Radioaktivität | 242 Werner Heisenberg
Meister der Unbestimmtheit |
| 30 Nikolaus Kopernikus
Bedachtsamer Umstürzer | 78 Georges-Louis Leclerc Comte de Buffon
Enzyklopäde der Naturgeschichte | 114 Alexander von Humboldt
Der erste Geograph | 158 Dmitrij Mendelejew
Ordner der Elemente | 198 Fritz Haber
Für Industrie und Vaterland | 248 Barbara McClintock
Auf der Spur der springenden Gene |
| 34 Paracelsus
Querköpfiger Neuerer | 82 Michail Lomonossow
Unbekanntes Multitalent | 118 Georg Ohm
Klassiker des Gleichstroms | 164 Robert Koch
Meister der Mikroben | 204 Ernest Rutherford
Der erste Kernphysiker | 252 Francis Crick & James Watson
Geburthelfer der Gentechnik |
| 40 Galileo Galilei
Methodischer Neuerer | 86 James Hutton
Kopernikus der Geologie | 124 Michael Faraday
Exzellenter Experimentator | 168 Wilhelm Conrad Röntgen
Das Glück des Tüchtigen | 210 Lise Meitner
Ein Leben für die Physik | 258 Sachregister |
| 46 Johannes Kepler
Mystischer Mathematiker | | 128 Sadi Carnot
Wegbereiter der Thermodynamik | | 216 Otto Hahn
Begründer des Atomzeitalters? | 262 Personenregister |
| 52 William Harvey
Fortschritt durch Anatomie | | | | | |



Mutter der Radioaktivität Marie Curie 1867–1934

Marie Curie um 1900 im Laboratorium. Zu dieser Zeit war sie damit beschäftigt, die Elemente Polonium und Radium zu isolieren.



«Wenn man die Fortschritte ins Auge fasst, die die Physik seit zehn Jahren gemacht hat, ist man erstaunt über den Umschwung, der sich in unserer Auffassung über die Elektrizität und die Materie vollzogen hat.» Mit diesen Worten begann Marie Curie am 5. November 1906 ihre Antrittsvorlesung an der Pariser Sorbonne. In der Tat war einiges geschehen, und die frisch gebackene Professorin und seit kurzem verwitwete Marie Curie hatte selbst entscheidend dazu beigetragen. Zu den erstaunlichsten Funden der Physik in den vorangegangenen zehn Jahren gehörten Röntgens (s. S. 168) X-Strahlen und die noch immer rätselhafte Strahlung, die Henri Becquerel (s. S. 176) kurz nach Röntgen an Uransalzen beobachtet hatte. Ebendiese Erscheinung hatte die junge Physikerin Marie Curie noch im Jahre 1896 zum Thema ihrer Doktorarbeit gewählt. Ausgangsmaterial für ihre Untersuchung war Pechblende, ein stark uranhaltiges Mineral, das sie und ihr Mann Pierre Curie später in größeren Mengen gegen Erstattung der Transportkosten von einer Hütte in St. Joachimsthal geliefert bekamen. Zunächst stand den beiden nicht mehr als eine Tasse voll für ihre Untersuchungen zur Verfügung. Mithilfe eines Geräts zur Messung der neuen Strahlung, das ihr Mann erdacht hatte, fand Marie Curie heraus, dass die Pechblende noch weitere Strahlungsquellen als das Uran enthalten musste. Dem gesamten Phänomen gab sie den Namen Radioaktivität, also Strahlenaktivität, und die beiden neuen radioaktiven Elemente, die sie nach und nach isolieren konnte, erhielten die Namen Polonium, zu Ehren ihrer Heimat, und Radium. Letzteres entpuppte sich als besonders starker Strahler, war aber

in der Pechblende in nur winzigen Mengen enthalten. Mit bewundernswerter Ausdauer bereiteten die beiden Curies in vierjähriger Arbeit eine halbe Tonne Pechblende so weit auf, dass sie einige Zehntelogramm reines Radium präsentieren konnten. Doch nicht diese mühevollen Laborarbeiten, die sie weitgehend einem Gehilfen hätten überlassen können, hätten sie einen gehabt, nicht das Rühren und Mischen, Extrahieren und Verdichten begründet ihren Verdienst, sondern die vielen physikalisch-chemischen Untersuchungen, die sie mit dem Radium anstellten und die zu der eigentlich wesentlichen Erkenntnis führten: Die neu entdeckte Radioaktivität war eine Naturscheinung, die sich durch keinerlei äußere Eingriffe beeinflussen ließ. Nicht Druck, nicht Wärme, nicht Kälte, keine chemischen oder elektrischen Manipulationen können die Strahlungsaktivität verändern. Diese hängt einzig und allein von der Menge Radium ab, von der die Strahlung ausgeht. Die Radioaktivität ist ein im Wortsinn elementares Phänomen. Dass sich dieses Phänomen auch in anderen Elementen durch äußere Eingriffe, gewissermaßen «künstlich» hervorrufen lässt, sollte erst dreißig Jahre später Pierre und Marie Curies Tochter Irène herausfinden und damit endgültig den Weg zur Kernphysik und der Atombombe ebnen.

Für die Entdeckung der «natürlichen» Radioaktivität wurden das Ehepaar Curie und Henri Becquerel im Jahr 1903 mit dem No-



Für ihre Verdienste wurde Marie Curie weltweit gewürdigt. Hier auf einer indischen Briefmarke.

SCHUE MARIÉ IM RAMPENLICHT
Marie Curie war zeltlebens eine sehr zurückhaltende, scheue und bescheidene Person, die ihre große Popularität nur sehr begrenzt genoss. In ihrer Kindheit hatte ihr die Nähe der Mutter gefehlt, die schon lange vor ihrem Tod sich aller Zärtlichkeiten zu den Kindern enthielt, weil sie um ihre ansteckende Erkrankung (Tuberkulose) wusste. Als einzige Professorin an der Sorbonne und Nobelpreisträgerin stand Marie Curie dagegen naturgemäß im Rampenlicht, und auch die Medien interessierten sich sehr für sie. Kurz vor Verleihung ihres zweiten Nobelpreises wurde ihre Affäre mit dem Physiker Paul Langevin in der Klatschpresse breitgetreten, sodass sie vom Nobelkomitee aufgefordert wurde, vor Entgegennahme des Preises ihr Privatleben in Ordnung zu bringen. Marie Curie verbat sich diese Einmischung.

Inhaltsverzeichnis

- 6 Genie und Aberglaube
- 8 **Aristoteles** Sammler und Ordner
- 14 **Archimedes** Urvater der mathematischen Physik
- 20 **Claudius Ptolemäus** Abschluss antiker Astronomie
- 26 **Alhazen** Kreativer arabischer Mittler
- 30 **Nikolaus Kopernikus** Bedachtsamer Umstürzler
- 34 **Paracelsus** Querköpfiger Neuerer
- 40 **Galileo Galilei** Methodischer Neuerer
- 46 **Johannes Kepler** Mystischer Mathematiker
- 52 **William Harvey** Fortschritt durch Anatomie
- 56 **Blaise Pascal** Horror vacui
- 60 **Robert Boyle** Grenzgänger zwischen Alchemie und Chemie
- 64 **Christiaan Huygens** Archimedes des Barock
- 68 **Isaac Newton** Begründer der theoretischen Physik
- 74 **Carl von Linné** Buchhalter Gottes
- 78 **Georges-Louis Leclerc Comte de Buffon** Enzyklopäde der Naturgeschichte
- 82 **Michail Lomonossow** Unbekanntes Multitalent
- 86 **James Hutton** Kopernikus der Geologie
- 92 **Joseph Priestley** Prediger der Gas-Chemie
- 96 **Antoine Laurent de Lavoisier** Erneuerer der Chemie
- 102 **Jean-Baptiste de Lamarck** Der erste Theoretiker der Evolution
- 106 **Alessandro Volta** Erfinder der Batterie
- 110 **Georges Cuvier** Begründer der vergleichenden Anatomie
- 114 **Alexander von Humboldt** Der erste Geograph
- 118 **Georg Ohm** Klassiker des Gleichstroms
- 124 **Michael Faraday** Exzellenter Experimentator
- 128 **Sadi Carnot** Wegbereiter der Thermodynamik
- 132 **Justus von Liebig** Chemiker der Landwirtschaft
- 136 **Charles Robert Darwin** Zurückhaltender Revolutionär
- 142 **Louis Pasteur** Meister der Keime
- 146 **William Thomson (Lord Kelvin)** Wärme ist Bewegung!
- 152 **James Clerk Maxwell** Der erste Vereiniger

- 158 **Dmitrij Mendelejew** Ordner der Elemente
164 **Robert Koch** Meister der Mikroben
168 **Wilhelm Conrad Röntgen** Das Glück des Tüchtigen
172 **Iwan Pawlow** Maschinist der Psyche
176 **Henri Becquerel** Epochale Entdeckung im Schatten Röntgens
180 **Heinrich Hertz** Wegbereiter der Telekommunikation
186 **Max Planck** Revolutionär wider Willen
192 **Marie Curie** Mutter der Radioaktivität
198 **Fritz Haber** Für Industrie und Vaterland
204 **Ernest Rutherford** Der erste Kernphysiker
210 **Lise Meitner** Ein Leben für die Physik
216 **Otto Hahn** Begründer des Atomzeitalters?
220 **Albert Einstein** Schöpfer der Relativität
226 **Niels Bohr** Komplementärer Denker
232 **Linus Pauling** Chemiker für den Frieden
236 **Enrico Fermi** Bändiger der Kernenergie
242 **Werner Heisenberg** Meister der Unbestimmtheit
248 **Barbara McClintock** Auf der Spur der springenden Gene
252 **Francis Crick & James Watson** Geburtshelfer der Gentechnik
258 Sachregister
262 Personenregister

Seite [6-7]

Genie und Aberglaube

Naturwissenschaftler im heutigen Sinn des Wortes gibt es erst seit der Zeit der Aufklärung. Damals begann die systematische Erforschung der Natur nach bestimmten Regeln und mit bestimmten Methoden, speziellen Fragestellungen und Zielsetzungen. Die Wissenschaft wurde zu einem gesellschaftlichen Unternehmen, das unmittelbar zur Existenzsicherung der Menschheit beiträgt.

Wenn uns heute Impfungen vor Seuchen bewahren, die früher Millionen Menschen das Leben kosteten, wenn uns bildgebende Verfahren der Medizin bei der Heilung von Knochenbrüchen oder dem Entfernen von Tumoren helfen, so verdanken wir dies - unter anderem - dem

Einsatz von Forschern wie Louis Pasteur, Robert Koch oder Wilhelm Röntgen. Und wenn wir uns in früher unvorstellbaren Geschwindigkeiten über die Erde bewegen und uns lichtschnell über enorme Entfernungen hinweg verständigen, so wäre derlei kaum denkbar ohne die Bemühungen von Männern wie Isaac Newton, Heinrich Hertz oder Werner Heisenberg, die die Grundlagen für die Überwindung von Zeit und Raum legten.

Auch vor der Zeit der Aufklärung gab es schon Denker, Forscher und Heiler, die sich um Naturerkenntnis bemühten und ihren Zeitgenossen Naturkräfte nutzbar machten. Archimedes etwa, der den Auftrieb in Flüssigkeiten untersuchte und der Nachwelt eines der ersten grundlegenden physikalischen Gesetze hinterließ, die noch heute Bestand haben. Freilich sind die Motive der meisten Naturwissenschaftler selten im Gemeinnützigen zu suchen. Schon Archimedes entwarf Kriegstechnik für seine Fürsten, und dass die großen Physiker der Moderne auch aus wissenschaftlichem Vergnügen am Bau von Massenvernichtungswaffen mitarbeiten, ist spätestens Allgemeingut seit Robert Oppenheimer, der wissenschaftliche Leiter des US-amerikanischen Atombombenbauprogramms, die Arbeit an der Bombe als »technically sweet« bezeichnet hat.

Die wahre Motivation des Wissenschaftlers liegt meist in einem unbändigen Wissensdrang. Man mag es Wahrheitsliebe oder Sturheit nennen, nicht selten haben Forscher ihren intellektuellen Ansprüchen den Vorrang vor eigener Bequemlichkeit gegeben. Im Zweifel für die Wahrheit, könnte man ihre Maxime zusammenfassen. Galileis Auseinandersetzungen mit der katholischen Kirche um die Wahrheit seiner Weltsicht haben ihm letztlich - trotz seines Einlenkens - neben vielen Demütigungen auch einen Lebensabend unter Hausarrest eingebracht. Dass allerdings »naturwissenschaftliche« Erkenntnisse »Wahrheit« darstellen, und sei es nur in dem Sinne, dass sie Bestand haben, trifft keineswegs auf alle »Entdeckungen« und Überlegungen zu. Aristoteles beispielsweise hatte, für heutige Begriffe, absonderliche Vorstellungen von der Wirkung der Schwere, die erst Galilei zurechtrückte. Vor diesem Hintergrund lohnt es, gelegentlich innezuhalten und zu überlegen, was von den heutigen »wissenschaftlichen Wahrheiten« wohl auf Dauer Bestand haben wird. Einstein hat eine grandiose Theorie von Raum, Zeit und Materie entworfen, von der aber heute schon klar ist, dass sie nicht der Weisheit letzter Schluss sein kann. Auch die moderne Molekularbiologie hat bereits manches frühe Dogma über Bord werfen müssen.

Je jünger die wissenschaftlichen Erkenntnisse, desto deutlicher wird, dass Wissenschaft sich nicht in einem substanzlosen Raum der Wahrheit abspielt. Dass Wissenschaftler (in der Regel) nur die Fragen stellen können, die ihre Zeit versteht und (in der Regel) beantwortet haben will. Und dass ihre Erkenntnisse nur dann Gemeingut werden, wenn ihre Kollegen sie akzeptieren, übernehmen, verändern, ausbauen - und nicht selten auch wieder verwerfen.

Naturwissenschaft ist nicht das durchgehend rationale Unterfangen, als das es sich dem Laien präsentiert; und auch die Größten unter den Forschern sind Kinder einer langen Vorgeschichte und ihrer Zeit. So fand sich etwa im Nachlass Isaac Newtons ein Koffer mit alchemistischen Schriften. Auch Täuschungen, Fälschungen und Betrug sind Naturwissenschaftlern nicht fremd, denn auch sie sind nicht vor Geltungssucht, Macht- oder Geldgier gefeit. Robert Koch etwa gilt verdienstermaßen als einer der Urväter der modernen Bakteriologie, hat aber aus zweifelhaften Motiven einen vermeintlichen Impfstoff gegen Tuberkulose auf den Markt gebracht, der mehr Schaden anrichtete als nutzte. Die scheinbar auf objektiven Wahrheiten aufgebaute Naturwissenschaft ist somit ein zutiefst menschliches Unternehmen, und ihre Vertreter sind Menschen mit Bedürfnissen und Schwächen, irrationalen Ängsten, Glauben und Aberglauben. Nicht zuletzt das macht das Studium ihrer Biographien so spannend.

Zusätzliche Texte:

Michael Faraday trug erheblich zum grundlegenden Verständnis elektrischer Phänomene bei. Stahlstich, um 1860.

Isaac Newton auf einem Sammelbildchen der Compagnie Liebig's Fleisch-Extrakt.

Österreichische Briefmarke von 1978 zum hundertjährigen Geburtstag Lise Meitners.

Seite [192-197]

Mutter der Radioaktivität

Marie Curie

1867—1934

»Wenn man die Fortschritte ins Auge fasst, die die Physik seit zehn Jahren gemacht hat, ist man erstaunt über den Umschwung, der sich in unserer Auffassung über die Elektrizität und

die Materie vollzogen hat.« Mit diesen Worten begann Marie Curie am 5. November 1906 ihre Antrittsvorlesung an der Pariser Sorbonne. In der Tat war einiges geschehen, und die frisch gebackene Professorin und seit kurzem verwitwete Marie Curie hatte selbst entscheidend dazu beigetragen. Zu den erstaunlichsten Funden der Physik in den vorangegangenen zehn Jahren gehörten Röntgens (s. S.168) X-Strahlen und die noch immer rätselhafte Strahlung, die Henri Becquerel (s. S. 176) kurz nach Röntgen an Uransalzen beobachtet hatte. Ebendiese Erscheinung hatte die junge Physikerin Marie Curie noch im Jahre 1896 zum Thema ihrer Doktorarbeit gewählt. Ausgangsmaterial für ihre Untersuchung war Pechblende, ein stark uranhaltiges Mineral, das sie und ihr Mann Pierre Curie später in größeren Mengen gegen Erstattung der Transportkosten von einer Hütte in St. Joachimsthal geliefert bekamen. Zunächst stand den beiden nicht mehr als eine Tasse voll für ihre Untersuchungen zur Verfügung. Mithilfe eines Geräts zur Messung der neuen Strahlung, das ihr Mann ersonnen hatte, fand Marie Curie heraus, dass die Pechblende noch weitere Strahlungsquellen als das Uran enthalten musste. Dem gesamten Phänomen gab sie den Namen Radioaktivität, also Strahlenaktivität, und die beiden neuen radioaktiven Elemente, die sie nach und nach isolieren konnte, erhielten die Namen Polonium, zu Ehren ihrer Heimat, und Radium. Letzteres entpuppte sich als besonders starker Strahler, war aber in der Pechblende in nur winzigen Mengen enthalten. Mit bewundernswerter Ausdauer bereiteten die beiden Curies in vierjähriger Arbeit eine halbe Tonne Pechblende so weit auf, dass sie einige Zehntelgramm reinen Radiums präsentieren konnten. Doch nicht diese mühevollen Laborarbeiten, die sie weitgehend einem Gehilfen hätten überlassen können, hätten sie einen gehabt, nicht das Rühren und Mischen, Extrahieren und Verdichten begründet ihren Verdienst, sondern die vielen physikalisch-chemischen Untersuchungen, die sie mit dem Radium anstellten und die zu der eigentlich wesentlichen Erkenntnis führten: Die neu entdeckte Radioaktivität war eine Naturerscheinung, die sich durch keinerlei äußere Eingriffe beeinflussen ließ. Nicht Druck, nicht Wärme, nicht Kälte, keine chemischen oder elektrischen Manipulationen können die Strahlungsaktivität verändern. Diese hängt einzig und allein von der Menge Radium ab, von der die Strahlung ausgeht. Die Radioaktivität ist ein im Wortsinn elementares Phänomen. Dass sich dieses Phänomen auch in anderen Elementen durch äußere Eingriffe, gewissermaßen »künstlich« hervorrufen lässt, sollte erst dreißig Jahre später Pierre und Marie Curies Tochter Irène herausfinden und damit endgültig den Weg zur Kernphysik und der Atombombe ebnen.

Für die Entdeckung der »natürlichen« Radioaktivität wurden das Ehepaar Curie und Henri Becquerel im Jahr 1903 mit dem Nobelpreis für Physik geehrt. Der Preis war zwar hoch dotiert und auch begehrt, genoss aber noch nicht das gleiche Renommee wie heute. Pierre Curie brachte die Auszeichnung zwar endlich ein eigenes Labor - das vorherige hatte mehr einem Schuppen geglichen - und einen Lehrstuhl an der Sorbonne ein, Marie aber wurde lediglich offiziell als Laborleiterin ihres Mannes eingestellt und bezahlt.

Als Marie Curie im Jahre 1906 ihre Antrittsvorlesung hielt, lag dies alles schon fast drei Jahre zurück, und den Umstand ihrer Ernennung zur außerordentlichen Professorin verdankte sie einzig und allein einem tragischen Umstand: Ihr Mann war im Mai desselben Jahres von einem Lastfuhrwerk überfahren und getötet worden. Zunächst hatte man Marie mit einer wenn auch generösen Staatspension abfinden wollen. Die Vorstellung, eine Frau als Lehrerin in den geheiligten Hallen der Pariser Hochschulen zu sehen, erschien vielen doch noch sehr befremdlich. Bis sie den Lehrstuhl ihres verstorbenen Mannes übernehmen konnte, vergingen deshalb noch einmal zwei Jahre. Marie Curie forschte weiter an den radioaktiven Materialien, stellte Radium in reiner metallischer Form her und entwickelte eine Methode zum Wiegen winziger Radiummengen. Angesichts der hohen Aktivität dieses Stoffes konnten kleine Mengenunterschiede größte Auswirkungen haben. Dass das neue Naturphänomen mit Vorsicht zu genießen war, hatten schon alle drei Entdecker am eigenen Leib erfahren: Sowohl Becquerel als auch Marie Curie hatten beim Hantieren mit Radium Verbrennungen erlitten, und Pierre Curie fügte sie sich im Selbstversuch ganz bewusst zu. Eine präzise Mengenbestimmung war also unabdingbare Voraussetzung auch für eine kontrollierte medizinische Anwendung der Radioaktivität zur Therapie (also dem Ausbrennen) von Krebsgeschwulsten. Aufgrund dieser Perspektive wurde die Curie'sche Entdeckung als Wunderwaffe gegen den Krebs gefeiert; zeitweise hieß sie »Curie-Therapie«. Wie Wilhelm Conrad Röntgen hatten auch Marie Curie und ihr Mann ganz bewusst auf jedwede patentrechtliche Absicherung ihrer Entdeckung verzichtet, um die weitere Forschung nicht zu behindern. Während des Ersten Weltkriegs organisierte Madame Curie, wie sie in der Öffentlichkeit gern genannt wurde und wird, sogar einen fahrbaren Röntgendienst für französische Soldaten und bildete Röntgenpersonal aus.

1911 erhielt sie noch einmal einen Nobelpreis, diesmal den für Chemie zur Würdigung ihrer chemischen Arbeiten mit Radium. Der Preis war ein willkommenes Trostpflaster für eine Kränkung, die ihr durch den akademischen Machismo in Frankreich kurz zuvor widerfahren

war: Mit einer Stimme Mehrheit war ihre Aufnahme in den elitären Zirkel der Academie des sciences abgelehnt worden.

Marie Curie war als Physikerin wie als Frau eine Ausnahmeerscheinung. Dadurch ist ihr Mann Pierre unverdientermaßen in ihren Schatten gerückt. Auch er war ein exzellenter Physiker, der, schon bevor er auf die begabte Polin aufmerksam wurde, interessante Untersuchungen zu Kristallen und deren Magnetismus durchgeführt hatte. Dabei war er auf einige Piezoelektrika gestoßen, Materialien, die auf Druck mit einer elektrischen Spannung reagieren und umgekehrt bei Anlegen einer elektrischen Spannung ihr Volumen verändern. Auf diesem Effekt beruhte die Konstruktion eines Elektrometers zum Messen elektrischer Ladungsmengen, das Pierre Curie zusammen mit seinem Bruder entwickelt hatte. Genau dieses Instrument machte es Marie Curie später möglich, die vom Uran abgegebenen Ladungsmengen präzise zu bestimmen.

Pierre Curie hat bei seinen Untersuchungen zum Magnetismus von festen Körpern auch bemerkt, dass sich die magnetischen Eigenschaften von Kristallen mit der Temperatur ändern. Der Umschlagpunkt für solche Änderungen wird nach ihm als »Curie-Temperatur« bezeichnet. Der Name Curie ist auch in einer heute nicht mehr gebräuchlichen Einheit der Radioaktivität erhalten, allerdings in Erinnerung an die Forschung von Marie Curie. Mit 1 Curie bezeichnete man früher die Aktivität eines Gramms reinen Radiums. Die Einheit wurde zum 1. Januar 1986 durch das Becquerel offiziell abgelöst.

MARIE CURIE LEBEN UND WERK

Maria Salome Sklodowska wird am 7. November 1867 in Warschau geboren. Sie ist das jüngste von fünf Kindern eines Gymnasiallehrers, ihre Mutter führt zur Aufbesserung des Familieneinkommens ein Mädchenpensionat. Maria wird in engen, eher bescheidenen Verhältnissen groß. Als glänzende Schülerin schließt sie ihre Schulausbildung mit 16 Jahren ab. Die Mutter ist zu dem Zeitpunkt schon einige Jahre tot, Maria und ihre Schwestern führen den Haushalt und geben Nachhilfe, um die Familie zu ernähren. Sechs Jahre lang arbeitet Maria als Gouvernante in Krakau und Warschau und unterstützt ihre Schwester Bronia finanziell, die in Paris Medizin studiert. 1891 geht auch Maria nach Paris, nun von ihrer Schwester unterstützt, und studiert naturwissenschaftliche Fächer. Seit dem Umzug nach Paris nennt sie sich Marie. 1893 erhält sie als Jahrgangsbeste ihren Physikabschluss und ein

Stipendium für ein Promotionsstudium. Inzwischen hat sie den acht Jahre älteren Pierre Curie, Laborleiter an der Pariser Schule für Industriephysik und -chemie, kennen gelernt. Die beiden heiraten 1895, Pierre ist mittlerweile Professor, und Marie arbeitet unentgeltlich in seinem Labor mit. Zwei Jahre später kommt ihre Tochter Irène zur Welt, Marie hat derweil mit ihrer Doktorarbeit über die von Henri Becquerel 1896 entdeckte Strahlung angefangen. In ihrem kleinen Labor, einem zugigen Schuppen auf dem Universitätsgelände, stellt sie fest, dass die Pechblende, das Mineral, aus dem Uran und Thorium, die bis dahin bekannten strahlenden Elemente, gewonnen werden, noch ein weiteres Element enthalten muss, das noch wesentlich radioaktiver ist — ein Begriff, den die Curies einführen. In jahrelanger mühevoller Kleinarbeit isolieren Marie und Pierre Curie das neue Element und nennen es Radium. Für diese Arbeiten wird ihnen, zusammen mit Henri Becquerel, im Jahr 1903 der Nobelpreis für Physik verliehen. Das macht die bereits international bekannte Forscherin auch in ihrer Heimat berühmt. Pierre wird Professor an der Sorbonne, Marie wird seine Laborleiterin. 1906 kommt Pierre Curie bei einem Verkehrsunfall ums Leben. Zwei Jahre später kann seine Witwe seinen Lehrstuhl übernehmen. Sie führt die Arbeiten über Radium fort, entwickelt eine Methode zum Wiegen winziger Mengen dieses Stoffes und trägt damit entscheidend zur Anwendung radioaktiver Stoffe in der Strahlentherapie bei. 1911 wird ihr zum zweiten Mal ein Nobelpreis zugesprochen, diesmal der für Chemie und ungeteilt. Sie erhält zahlreiche internationale Ehrungen und reist zu vielen Kongressen, ihr Labor wird das Zentrum der Radioaktivitätsforschung. 1932 übergibt sie es in die Obhut ihrer Tochter Irène. Marie Curie leidet schon lange an Rheuma, Muskelschmerzen und Blutarmut. Ihr Knochenmark ist durch die radioaktive Strahlung, mit der sie zeitlebens ungeschützt gearbeitet hat, zerstört. Sie stirbt am 4. Juli 1934 in einem Schweizer Sanatorium, ein Jahr bevor ihrer Tochter und deren Mann ein weiterer Nobelpreis für die Erforschung der Radioaktivität zugesprochen wird.

EMPFEHLUNGEN

Lesenswert:

Peter Ksoll, Fritz Vögtle: *Marie Curie*, Reinbek 1997

Franoise Giroud: *Marie Curie*, München 1999

Pierre Radvanyi: *Die Curies: eine Dynastie von Nobelpreisträgern*, Heidelberg 2003

Per Olov Enquist: *Das Buch von Blanche und Marie*, Roman, München 2005

Sehenswert:

Madame Curie. Regie: Mervyn Le Roy; mit Greer Garson, Walter Pidgeon, Henry Travers, Albert Bassermann. USA 1943

Besuchenswert:

Das Musée Curie im Institut Curie in Paris

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Zwei Nobelpreise hat Marie Curie bekommen, aber ein Sitz in der französischen Akademie der Wissenschaften blieb ihr verwehrt. Auch seltene Brillanz schützt nicht vor Frauenfeindlichkeit.

SCHEUE MARIE IM RAMPENLICHT

Marie Curie war zeitlebens eine sehr zurückhaltende, scheue und bescheidene Person, die ihre große Popularität nur sehr begrenzt genoss. In ihrer Kindheit hatte ihr die Nähe der Mutter gefehlt, die schon lange vor ihrem Tod sich aller Zärtlichkeiten zu den Kindern enthielt, weil sie um ihre ansteckende Erkrankung (Tuberkulose) wusste. Als einzige Professorin an der Sorbonne und Nobelpreisträgerin stand Marie Curie dagegen naturgemäß im Rampenlicht, und auch die Medien interessierten sich sehr für sie. Kurz vor Verleihung ihres zweiten Nobelpreises wurde ihre Affäre mit dem Physiker Paul Langevin in der Klatschpresse breitgetreten, sodass sie vom Nobelkomitee aufgefordert wurde, vor Entgegennahme des Preises ihr Privatleben in Ordnung zu bringen. Marie Curie verbat sich diese Einmischung.

TEURER WUNSCH

Marie Curies weltweite Bekanntheit liegt vor allem darin begründet, dass ihre Entdeckung große Fortschritte in der Krebstherapie ermöglichte (»Curie-Therapie«). Auch ihr selbstloser Einsatz für das französische Militär im Ersten Weltkrieg hat dazu beigetragen. Große Popularität erlangte sie auch durch zwei USA-Reisen, auf denen sie von den jeweiligen Präsidenten empfangen wurde. Einer amerikanischen Journalistin hatte sie 1921 anvertraut, ihr größter Wunsch sei »ein Gramm Radium zum Experimentieren«. Die Reporterin startete eine Spendenkampagne, um die für ein Gramm Radium nötigen einhunderttausend Dollar aufzutreiben - mit Erfolg.

Bildunterschriften:

Marie Curie um 1900 im Laboratorium. Zu dieser Zeit war sie damit beschäftigt, die Elemente Polonium und Radium zu isolieren.

Für ihre Verdienste wurde Marie Curie weltweit gewürdigt, hier auf einer indischen Briefmarke.

Das Forscherpaar Marie Pierre Curie im gemeinsamen Laboratorium, um 1900.

Marie Curie (rechts) und ihre Tochter Irène Joliot-Curie mit Angehörigen der Signal Corps U.S. Army, nach 1920.

Irène Joliot-Curie und Albert Einstein im Haus Einsteins in Princeton. Ein Jahr nach dem Tod ihrer Mutter erhielt auch Irène einen Nobelpreis für die Erforschung der Radioaktivität.

Seite [242-247]

Meister der Unbestimmtheit

Werner Heisenberg

1901—1976

Wenn ein Auto gegen eine dicke Mauer fährt, ist das Ergebnis ein Totalschaden und die Mauer schlimmstenfalls ein bisschen angekratzt - normalerweise. Zum Alltag von Physikstudenten dagegen gehört es auszurechnen, mit welcher Wahrscheinlichkeit der Wagen unbeschadet auf der anderen Seite der Mauer landet. Wider Erwarten ist die scheinbar absurde Frage nach dem Durchtunneln einer Mauer durchaus sinnvoll und die Wirklichkeit nicht das, als was sie dem Alltagsverstand erscheint.

Diese Erkenntnis verdanken wir unter anderem Werner Heisenberg. Er ist einer der Väter der Quantenmechanik, einer neuartigen Wirklichkeitsbeschreibung, die - ähnlich wie Einsteins (s.

S. 220) Relativitätstheorie - gewohntes Denken in der Physik völlig umkrempelte und damit auch unser physikalisches Weltbild grundlegend veränderte.

Das war bereits Anfang des Jahrhunderts ins Wanken geraten, als die zunehmend präziser werdenden Vorstellungen vom Aufbau der Atome neue Regeln verlangten, mit denen sich die Experimente erklären ließen, Regeln, die Niels Bohr (s. S. 226) erstmals klar formulierte und die im Rahmen der klassischen Physik nicht zu verstehen waren. Aber auch das Bohr'sche Atommodell von 1913 erwies sich mehr und mehr als unzureichend, zu viele Messungen wurden davon nicht abgedeckt. 1925 gelang es schließlich dem vierundzwanzigjährigen Werner Heisenberg, eine Theorie zu formulieren, die sich von den klassischen Vorstellungen löste, etwa von der, dass das Atom einem Planetensystem gleicht, mit Elektronen, die auf Bahnen um den Atomkern kreisen.

Heisenbergs Theorie konzentrierte sich stattdessen auf messbare Größen wie die Frequenzen des Lichts, die in den Strahlungsspektren der Atome auftauchten. Und da die neue Mechanik die »Quantensprünge« der Elektronen im Bohr'-schen Atommodell bestens beschrieb, hieß sie bald Quantenmechanik.

Die Neuformulierung erforderte Mut, denn sie brach auch mit vertrauten Rechenregeln: Die wichtigen Größen der Theorie ließen sich nicht multiplizieren wie gewöhnliche Zahlen. Das Ergebnis hing beispielsweise davon ab, in welcher Reihenfolge man die Multiplikation vornahm; vereinfacht ausgedrückt, machte es plötzlich einen Unterschied, ob man A mit B oder B mit A multiplizierte. Das war kein mathematischer Trick, sondern brachte eine bislang unbekannte Qualität der Natur zum Ausdruck: In der Mikrowelt der Atome galten offenbar andere Gesetze als für klassische »große« Teilchen. Insbesondere waren Messungen verschiedener Größen wie Ort oder Geschwindigkeit eines quantenmechanischen Teilchens nicht mehr vertauschbar. Die erste Messung brachte das Elektron (das »System«) in einen anderen Zustand, sodass die folgende Messung der anderen Größe einen anderen Wert ergab, als wenn man sie gleich gemessen hätte.

Besonders prägnant zeigte sich die Nichtvertauschbarkeit bestimmter Messgrößen in der so genannten Unbestimmtheitsrelation, die Heisenbergs Namen trägt, weil er sie, im Jahr 1927, erstmals formulierte. Danach lassen sich Ort und Geschwindigkeit eines Quantenteilchens nicht gleichzeitig scharf messen: Bestimmt man den Ort des Teilchens exakt, ergibt die Geschwindigkeitsmessung keinen Sinn und umgekehrt. Mathematisch hat die

Unbestimmtheitsrelation die Form einer Ungleichung: Das Produkt aus den beiden Messgenauigkeiten ist größer als ein bestimmter Wert, der durch das Planck'sche (s. S. 186) Wirkungsquantum gegeben wird.

Quanten lauerten also überall, und Anhänger der klassischen Mechanik konnten die Theorie nur schwer annehmen. Schon für die Erfinder war sie ja nicht leicht zu deuten. Über Jahre hinweg diskutierten sie darüber, insbesondere in Kopenhagen bei Niels Bohr. So entstand auch die »Kopenhagener Deutung« der Quantenmechanik, die allerdings von den Vätern der Theorie, Heisenberg und Bohr, niemals klar und in einer gemeinsamen Arbeit formuliert wurde. Doch unabhängig von ihrer philosophischen Deutung brachte die Beschreibung so viele Messungen und bislang Unverstandenes unter einen Hut, dass kaum Zweifel an ihrer Richtigkeit aufkamen. Zumal kurz nach Heisenberg der Österreicher Erwin Schrödinger mithilfe eines völlig anderen mathematischen Zugangs zu denselben Schlussfolgerungen kam. Die Schrödinger-Gleichung beschreibt quantenmechanische Systeme als Wellen, deren Intensität so etwas wie die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Systems angibt. Das erklärt auch scheinbar sinnlose Fragen wie die eingangs gestellte nach dem Durchtunneln einer Mauer: Man darf sich ein Quantensystem eben nicht als Teilchen mit einem festen Ort vorstellen, vielmehr befindet es sich, mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, überall, also auch hinter der Mauer. Erst eine Ortsmessung würde den Zustand des Systems festlegen und entscheiden, auf welcher Seite der Mauer es sich befindet.

Der Gedanke, dass ein physikalisches System keine messbaren Eigenschaften *hat*, sondern diese erst durch die Messung *erwirbt*, also von einem Zustand der Potenzialität in einen der Realität übergeht, war für viele Physiker schwer begreiflich und ist es auch heute noch. Insbesondere Einstein mochte sich mit diesem Element des eingebauten Zufalls in der Welt nicht abfinden (»Gott würfelt nicht«). Er hielt die Quantenmechanik deshalb für eine unvollständige Theorie und ersann immer neue Beispiele, um ihre innere Widersprüchlichkeit aufzuzeigen, letztlich ohne Erfolg. Angesichts vieler Experimente, die gerade im vergangenen Jahrzehnt durchgeführt worden sind, müsste sich der geniale Wissenschaftler nun endgültig geschlagen geben.

Der große Erfolg der Theorie wurde sofort gewürdigt, sodass Werner Heisenberg schon 1932 den Nobelpreis für Physik dafür bekam. Mit kaum mehr als dreißig Jahren hatte er alles erreicht, wovon andere Physiker ein Leben lang träumen. Bald wandte sich Heisenberg der

Kernphysik und dem Verstehen des Atomkerns zu und wurde führender Kopf des so genannten Uranvereins, einer Gruppe deutscher Wissenschaftler, die die 1939 entdeckte Kernspaltung auf technische Tauglichkeit testen sollten.

Der Erfinder der Unbestimmtheit war selbst sehr unbestimmt in einer Frage, die nach dem Zweiten Weltkrieg an ihn herangetragen wurde: Warum hatten die deutschen Physiker keinen Atomreaktor und keine deutsche Atombombe gebaut? Der Uranverein stand nominell unter der Leitung von Otto Hahn (s. S. 216), dem Entdecker der Kernspaltung, doch Heisenberg als der brillianteste Kopf der Gruppe hatte die wissenschaftliche Führung. Die Forschung war über neun Labore verteilt. Ansätze für einen Reaktor gab es zwar, doch Heisenberg ging noch von einem falschen Aufbau aus, sodass die Konstruktion eines deutschen Uranmeilers nie in greifbare Nähe rückte. Heisenberg und sein Mitstreiter Carl Friedrich von Weizsäcker haben nach dem Krieg den Eindruck zu erwecken versucht, sie hätten den Reaktorbau absichtlich verzögert, um Hitler nicht den Weg zur Atombombe zu ebneten. Dagegen sprechen die Abhörprotokolle von Gesprächen zwischen deutschen Wissenschaftlern, die die Engländer während deren Internierung aufnahmen. In den aufgezeichneten Gesprächen zeigte sich Heisenberg weniger schockiert über den Abwurf der Bomben auf Hiroshima und Nagasaki als vielmehr ungemein interessiert daran, wie den Amerikanern der Bau der Bombe hatte gelingen können. Der Verdacht ist nicht auszuräumen, dass Heisenberg zwar gewollt, aber nicht gekonnt hat — zum Glück für die Welt.

WERNER HEISENBERG

LEBEN UND WERK

Werner Karl Heisenberg wird am 5. Dezember 1901 in Würzburg geboren. 1909 zieht die Familie nach München. Werner ist ein exzellenter Schüler, mit einer besonderen Begabung für Mathematik. Wegen der Wirren des Ersten Weltkriegs macht er erst 1920 Abitur und studiert danach theoretische Physik und Mathematik in München. Drei Jahre nach Studienbeginn wird er promoviert, 1924 habilitiert er sich. Es folgen eine Assistenz in Göttingen bei Max Born und ein Lehrauftrag in Kopenhagen, am Institut von Niels Bohr. 1928 tritt Heisenberg seine erste Professorenstelle in Leipzig an. Ein Ruf nach München 1937 wird von den Nationalsozialisten verhindert, weil Heisenberg für »jüdische Physik« wie die Relativitätstheorie Einsteins eintritt. 1942 wird er ans Kaiser-Wilhelm-Institut nach Berlin berufen. Mittlerweile hat er die Quantenmechanik mitgeschaffen und 1932 den Nobelpreis für

Physik dafür erhalten. Auch die Unbestimmtheitsrelation, für die er bekannt ist, hat er 1927 formuliert. Während des Krieges ist er führendes Mitglied des Uranvereins, einer Forschungsgruppe, die am Bau eines deutschen Atomreaktors arbeitet. Deswegen wird Heisenberg nach dem Krieg kurzfristig in England interniert. Seine Rolle bei dem Versuch, eine deutsche Atombombe zu bauen, ist bis heute nicht eindeutig geklärt. 1946 übernimmt er die Leitung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik in Göttingen, das kurz darauf zum Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik wird. 1958 zieht Heisenberg mit dem Institut nach München um. Hier lehrt und arbeitet er bis zu seiner Pensionierung im Jahr 1970. Seit 1937 ist er mit Elisabeth Schuster verheiratet, die der exzellente Pianist Heisenberg auf einem privaten Konzert kennen gelernt hat. Aus der Ehe gehen sieben Kinder hervor. Auf die Frage, warum er Nazideutschland trotz zahlreicher internationaler Angebote nicht verlassen habe, hat Heisenberg stets die große Familie als einen Grund angegeben. In der Nachkriegszeit versucht sich Heisenberg erfolglos an einer umfassenden Theorie der Elementarteilchen. Seine als »Weltformel« medial vermarkteten Bemühungen sind jedoch mittlerweile vergessen. Werner Heisenberg stirbt am 1. Februar 1976 in München an Krebs.

WISSENSWERTES

Unbestimmtheitsrelation

Die Unbestimmtheitsrelation, etwas unscharf auch Heisenberg'sche Unschärferelation genannt, wird gern mithilfe eines Gedankenexperiments veranschaulicht (auch Heisenberg hat zu solchen Hilfsmitteln gegriffen). Wollte man den Ort eines Elektrons, das unter einem Mikroskop liegt, genau bestimmen, müsste man es beleuchten. Dann würde es aber von Lichtteilchen getroffen, sodass sich notwendig seine Geschwindigkeit veränderte. Tatsächlich sind solche Veranschaulichungen irreführend, weil sie immer noch mit klassischen Anschauungen operieren, etwa der, dass das Elektron sich irgendwo befindet und durch das Lichtteilchen getroffen und aus der Bahn geworfen wird. Dadurch entsteht der falsche Eindruck, es liege nur an den Unzulänglichkeiten der Messung, dass Ort und Geschwindigkeit nicht beide exakt bestimmt werden können. Dem ist jedoch nicht so. Die Unbestimmtheit ist fundamental, keine Messung kann jemals diese prinzipielle Unbestimmtheit überwinden.

EMPFEHLUNGEN

Lesenswert:

Werner Heisenberg: *Der Teil und das Ganze*, München 2001

Werner Heisenberg: *Liebe Eltern Briefe aus kritischer Zeit 1918-1945*, München 2003

Ernst P. Fischer: *Werner Heisenberg*, München 2002

Armin Hermann: *Werner Heisenberg*, Reinbek 1994

Michael Frayn: *Kopenhagen*, Stück in zwei Akten, Göttingen 2001

Besuchenswert:

Das Atomkeller-Museum in Haigerloch mit Ausstellung zu Werner Heisenberg

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Mit seiner Quantenmechanik hat Werner Heisenberg die klassische Physik revolutioniert. Als Hauptverantwortlicher für den Bau einer deutschen Atombombe hat er die Welt vor einem Desaster bewahrt — ob aus Unvermögen oder in guter Absicht, ist ungeklärt.

UNGLAUBLICHER SPUK

Eine der vielen Unverträglichkeiten der Quantentheorie mit dem Alltagsverstand ist die so genannte spukhafte Fernwirkung. Sie besagt, dass die Teile eines quantenmechanischen Systems – beispielsweise die Partner eines Paares von Lichtteilchen, das aus einer gemeinsamen Quelle stammt – ihre Erinnerung an den gemeinsamen Anfangszustand nicht »vergessen«, auch wenn sie räumlich weit voneinander entfernt sind. In der Konsequenz führt das dazu, dass eine Messung an dem einen Teil auch den Zustand des anderen, weit entfernten Teils unverzüglich beeinflusst. Heute versucht man, diese mittlerweile experimentell nachgewiesene Eigenschaft zum Bau einer neuen Generation von Computern, so genannter Quantencomputer, zu nutzen.

GEHEIMNISUMWITTERTER BESUCH

Im Zusammenhang mit der ungeklärten Rolle Werner Heisenbergs bei dem Versuch, eine deutsche Atombombe zu bauen, ist ein Besuch Heisenbergs Winter 1941 bei Niels Bohr in Kopenhagen legendär geworden. Heisenberg, der angeblich auf Einladung der deutschen Botschaft zu einem Vortrag in Kopenhagen war, nutzte die Gelegenheit zu einem Gespräch mit seinem Freund und früheren Mentor. Was wirklich besprochen

wurde, ist nicht bekannt. Während Heisenberg später behauptete, er habe Bohr in Hinblick auf die Aussichten für eine deutsche Bombe beruhigen wollen, zeigte sich dieser nach dem Gespräch höchst beunruhigt und forcierte das amerikanische Manhattan Project zum Bau der Bombe.

Bildunterschriften:

Werner Heisenberg, um 1970. »Wir konnten eigentlich über gar nichts anderes mehr reden als über Quantentheorie, so erfüllt waren wir von ihren Erfolgen und inneren Widersprüchen«, so Heisenberg über seine Studienzeit in Göttingen.

Die vier Nobelpreisträger Victor Hess, Werner Heisenberg, Carl Anderson und Arthur Compton (v.l.n.r.) diskutieren über einen Apparat zur Messung von Strahlungserscheinungen im Weltall. Chicago, 1939.

Nachbildung eines Kerntors im Atomkellermuseum in Haigerloch. 1944/45 beschäftigten sich in diesem Felsenkeller unter der Schlosskirche von Haigerloch deutsche Atomphysiker, unter anderem Heisenberg, Bothe, Weizsäcker und Jungk, mit Versuchen zur Energiegewinnung durch Kernspaltung.

Bei einem Festakt zum 100. Geburtstag von Max Planck am 25. April 1958 in der Westberliner Kongresshalle erläutert Werner Heisenberg (am Rednerpult) seine viel diskutierte, an die Wand projizierte »Weltformel«, die er am 28. Februar 1958 erstmals vorgestellt hatte. Diese Theorie der kleinsten Teile verbindet die allgemeine Relativitätstheorie mit der Quantentheorie zu einer allgemeinen Feldtheorie. Sie fand jedoch keinen nachhaltigen Widerhall.

Heisenberg (links) und Niels Bohr bei einer Tagung der Atomwissenschaftler in Genf, 1952.