

WOLFGANG SCHREIER

Biographien
bedeutender
Physiker

P

Biographien bedeutender Physiker

Eine Sammlung von Biographien

Erarbeitet von einem Autorenkollektiv,
herausgegeben von Dr. sc. Wolfgang Schreier



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin
1984

Die Manuskripte für dieses Buch verfaßten:

Dr. sc. Gisela Buchheim	(Mayer, Kurtschatow, von Helmholtz, Ziolkowski)
Dr. Martin Franke	(Newton)
Dr. Peter Glatz	(Bohr, de Broglie, Einstein, Fresnel, Galilei)
Prof. Dr. sc. Dorothea Goetz	(Anfänge der Physik [gemeinsam mit Dr. Wolfgang Schreier], Aristoteles, Archimedes von Syrakus)
Dr. Rolf Grabow	(Ampère, Huygens, Planck)
Hans-Joachim Ilgauds	(Personenverzeichnis)
Dr. Horst Kant	(Abbe, Fermi und Oppenheimer, Fok und Tamm, Guericke, G. Hertz, Heisenberg, Joffe, Kapiza, Kepler, Kirchhoff, Ohm)
Dr. Hans-Dieter Lohmann	(Hahn und Meitner, I. Joliot-Curie und F. Joliot-Curie, M. Sklodowska-Curie und P. Curie, Röntgen, Watt und Carnot)
Peter Nötzoldt	(Zur Entwicklung der Physik in der DDR, Personenverzeichnis)
Dr. sc. Wolfgang Schreier	(Die Herausbildung der klassischen Mechanik, Die Vollendung der klassischen Physik im 19. Jahrhundert, Die Herausbildung der modernen Physik im 20. Jahrhundert, Edison und Siemens [gemeinsam mit Hella Schreier], Faraday, H. Hertz, Rutherford, Thomson)

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1984

1. Auflage

Lizenz-Nr. 203. 1000/83 (E022505-1)

LSV 1108

Redaktion: Werner Golm

Einband: Heinz Hellmis

Typographische Gestaltung: Atelier vvw, Wolfgang Lorenz

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft, Dresden

Schrift: 9/11 Timeless

Redaktionsschluß: 16. 11. 1983

Bestell-Nr.: 7076280

01700

Inhaltsverzeichnis

(Die Namen in Klammern verweisen auf eingefügte Kurzbiographien)

- 7 **Vorwort**

- 9 **1. Anfänge der Physik**
- 20 **ARISTOTELES (384 bis 322 v. u. Z.)**
 (DEMOKRIT 22)
- 26 **ARCHIMEDES VON SYRAKUS (etwa um 287 bis 212 v. u. Z.)**
 (HERON 28)

- 31 **2. Die Herausbildung der klassischen Physik**
- 42 **JOHANNES KEPLER (1571 bis 1630)**
- 50 **GALILEO GALILEI (1564 bis 1642)**
- 59 **OTTO VON GUERICKE (1602 bis 1686)**
 (TORRICELLI 60)
- 67 **CHRISTIAAN HUYGENS (1629 bis 1695)**
 (STEVIN 68, SNELLIUS 73)
- 75 **ISAAC NEWTON (1643 bis 1727)**
 (DESCARTES 78)

- 84 **3. Die Vollendung der klassischen Physik im 19. Jahrhundert**
- 96 **JAMES WATT (1736 bis 1819) und**
 NICOLAS LEONHARD SADI CARNOT (1796 bis 1832)
- 102 **WILLIAM THOMSON – LORD KELVIN OF LARGS (1824 bis 1907)**
 (CLAUSIUS 104, Boltzmann 104)
- 108 **AUGUSTIN JEAN FRESNEL (1788 bis 1827)**
- 115 **ERNST ABBE (1840 bis 1905)**
 (FRAUNHOFER 116)
- 123 **GEORG SIMON OHM (1789 bis 1854)**
 (GALVANI 124, VOLTA 124)
- 129 **ANDRÉ-MARIE AMPÈRE (1775 bis 1836)**
 (OERSTED 131, WEBER 135)
- 138 **MICHAEL FARADAY (1791 bis 1867)**
 (MAXWELL 143)
- 145 **HEINRICH HERTZ (1857 bis 1894)**
 (POPOW 149, BRAUN 149)
- 152 **THOMAS ALVA EDISON (1847 bis 1931) und**
 WERNER VON SIEMENS (1816 bis 1892)

- 164 ROBERT MAYER (1814 bis 1878)
(JOULE 168)
- 170 HERMANN VON HELMHOLTZ (1821 bis 1894)
- 177 GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF (1824 bis 1887)
- 184 KONSTANTIN EDUARDOWITSCH ZIOLKOWSKI (1857 bis 1935)
- 191 **4. Die Herausbildung der modernen Physik im 20. Jahrhundert**
- 201 MAX PLANCK (1858 bis 1947)
- 210 WILHELM CONRAD RÖNTGEN (1845 bis 1923)
(LAUE 215)
- 218 ABRAM FEDOROWITSCH JOFFE (1880 bis 1960)
- 224 MARIE SKLODOWSKA-CURIE (1867 bis 1934) und
PIERRE CURIE (1859 bis 1906)
- 231 ERNEST RUTHERFORD (1871 bis 1937)
(J. J. THOMSON 231, GEIGER 233)
- 237 NIELS BOHR (1885 bis 1962)
(SOMMERFELD 239, PAULI 240)
- 246 ALBERT EINSTEIN (1879 bis 1955)
(LORENTZ 249)
- 258 GUSTAV HERTZ (1887 bis 1975)
(FRANCK 259)
- 265 IRÈNE JOLIO-CURIE (1897 bis 1956) und
FRÉDÉRIC JOLIO-CURIE (1900 bis 1958)
- 272 LOUIS VICTOR DE BROGLIE (geboren 1892)
(SCHRÖDINGER 274)
- 280 WERNER HEISENBERG (1901 bis 1976)
(BORN 281)
- 287 OTTO HAHN (1879 bis 1968) und
LISE MEITNER (1878 bis 1968)
- 295 ENRICO FERMI (1901 bis 1954) und
J. ROBERT OPPENHEIMER (1904 bis 1967)
- 303 IGOR WASSILJEWITSCH KURTSCHATOW (1903 bis 1960)
- 310 PIOTR LEONIDOWITSCH KAPIZA (1894 bis 1984)
- 317 WLADIMIR ALEKSANDROWITSCH FOK (1898 bis 1974) und
IGOR JEWGENJEWITSCH TAMM (1895 bis 1971)
- 323 **5. Zur Entwicklung der Physik in der DDR**
(SEELIGER 346, MÖGLICH 347, STEENBECK 348, ROMPE 350, GÖRLICH 351, VON
ARDENNE 352, FUCHS 354)
- 356 **Literaturverzeichnis zur Geschichte der Physik**
- 357 **Personenverzeichnis**

Vorwort

Physiker waren in allen historischen Epochen an den gesellschaftlichen und geistigen Auseinandersetzungen ihrer Zeit beteiligt. Schon früh warfen physikalische Problemstellungen weltanschauliche und philosophische Fragen auf, die zur Herausbildung der materialistischen Philosophie beitrugen. Die Wechselwirkungen zwischen der Physik und der Produktion vertieften sich im Laufe der Geschichte. Die Physik wurde zu einer Produktivkraft; ihre Bedeutung für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt nahm seit dem Ende des 19. Jahrhunderts rapide zu. In diesem Prozeß stieg die Verantwortung des Physikers für die Verwertung seiner Forschungsergebnisse; sie wurde zu einer Lebensfrage der Menschheit.

Schon diese drei Problemkomplexe lassen erkennen, daß Physikerbiographien geeignet sind, zur kommunistischen Erziehung und zur Vertiefung eines marxistischen Geschichtsbildes beizutragen. Die Autoren und der Herausgeber haben sich bemüht, bei der Abfassung der Biographien und dem Aufbau des Buches diesen Leitgedanken Rechnung zu tragen.

Die Auswahl der Physiker, die in dieser Sammlung mit einer Biographie bedacht wurden, orientierte sich vor allem am Physiklehrplan der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschulen und in zweiter Linie am Lehrprogramm „Geschichte der Physik“ zur Ausbildung von Physiklehrern an den Hochschulen der DDR.

Um berechtigten Wünschen entgegenzukommen, wurden in einer Reihe von Biographien das Lebenswerk eines weiteren Physikers – in einigen Fällen auch mehrerer – kurz umrissen. Auf diese Weise wurde versucht, problemgeschichtliche und wissenschaftlich-technische Zusammenhänge kenntlich zu machen. Diesem Zweck dienen auch die Verweise auf andere Biographien der Sammlung, das Personenregister und das Literaturverzeichnis zur Geschichte der Physik. Die Anlage jeder Biographie gestattet sowohl einen raschen Zugriff mit Anknüpfungspunkten für den Unterricht als auch eine weitergehende Beschäftigung, u. a. durch das beigegebene Literaturverzeichnis.

Für die Gesamtgestaltung des Buches wurde eine chronologische Abfolge gewählt und den einzelnen historischen Epochen kurze Überblicke vorangestellt. Diese erheben keineswegs den Anspruch, eine kurzgefaßte Geschichte der Physik zu sein, aber sie sollen mithelfen, Entwicklungstendenzen der Gesellschaft und der Physik in bestimmten Gesellschaftsformationen zu verdeutlichen. Damit ist auch die Möglichkeit gegeben, Leben und Leistung eines Physikers aus seiner Zeit heraus zu verstehen.

Der Abschnitt „Zur Entwicklung der Physik in der DDR“ entspricht einem allgemeinen, aber nicht leicht zu realisierenden Wunsch. Er schildert in Grundzügen den organisatorischen und inhaltlichen Auf- und Ausbau der Physik in unserem Land. In diesem Sinne ist er ein spezifischer Beitrag zur Geschichte der DDR, der jedem Lehrer und allen anderen Lesern willkommen sein wird.

Allen an der Entwicklung des Buches Beteiligten gilt unser Dank. Dieser Dank gilt in erster Linie den Autoren, aber auch den Gutachtern, insbesondere Günter Kunert, Dr. Rolf Lüders, Prof. Dr. sc. Eberhard Rossa, Prof. Dr. habil. Hans-Georg Schöpf, Prof. Dr. sc. Hans Wußing, die durch ihre kritischen Hinweise und Vorschläge die Entwicklung der vorliegenden Fassung der Sammlung von Biographien entscheidend förderten. Gleichermaßen sei Prof. Dr. Dr. hc. mult. Robert Rompe gedankt, dessen beratende Unterstützung bei der Abfassung des Abschnitts über die Entwicklung der Physik in der DDR unentbehrlich war.

Über Vorschläge und kritische Hinweise zum Inhalt und zur Gestaltung des Buches würden wir uns sehr freuen.

Herausgeber und Redaktion

1. Anfänge der Physik

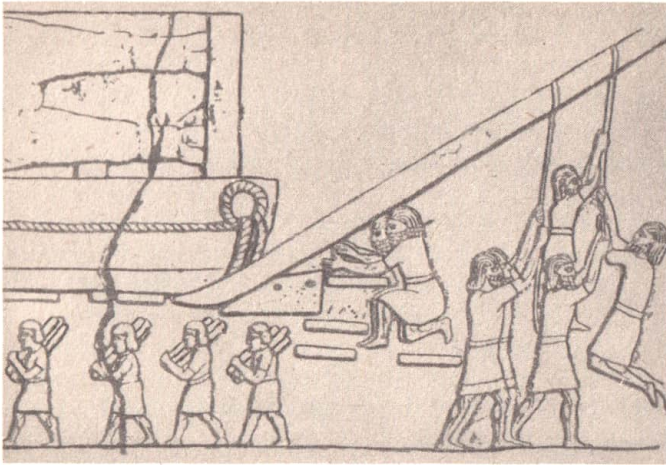
Wurzeln physikalischen Wissens in der Urgesellschaft und den frühen Klassengesellschaften

In der Zeit der Entstehung der Urgesellschaft bis etwa 10000 v. u. Z. erreichen die gesellschaftlichen Beziehungen der Menschen, ihre produktive Tätigkeit und die Entwicklung des Denkens und der Sprache eine erste wesentliche Stufe.

In diesem Prozeß sammelte der Mensch vor allem bei der Herstellung und Verwendung von Werkzeugen und Waffen praktische Erfahrungen, die erste Elemente physikalischen Wissens enthielten. Durch den Umgang mit Jagdgeräten, wie Speer, Wurfbolz, Bumerang, Schleuder, lernte man Bewegungsabläufe kennen. Pfeil und Bogen zeigten – modern ausgedrückt – das Zusammenspiel verschiedener mechanischer Energieformen, und bei verschiedenen Tierfallen wurde das Zusammenwirken mechanischer Kräfte intuitiv erfaßt. Solche und weitere vorwissenschaftliche Kenntnisse über die Funktionsweise von Arbeitsgeräten wurden von Generation zu Generation erweitert und weitergegeben.

Im 6. Jahrtausend v. u. Z. begann in einigen Regionen der Erde die Ablösung der Jagd- und Sammelwirtschaft durch Ackerbau und Viehzucht (erste gesellschaftliche Arbeitsteilung). Dieser als agrarische Revolution bezeichnete Prozeß führte zur Entstehung von ersten Formen der Klassengesellschaft, insbesondere in Mesopotamien und Ägypten. Weitere gesellschaftliche Arbeitsteilungen gegen Ende dieser Zeit brachten die sozialen Gruppierungen der Handwerker, Schreiber und Händler (Kaufleute) hervor.

Mit dem Ausbau der Landwirtschaft und dem Aufkommen von Handel und Handwerk war eine Entwicklung der Produktivkräfte verbunden, die die Entstehung wissenschaftlicher Kenntnisse förderte. Aus der notwendigen Orientierung in Zeit und Raum erwuchs die Einteilung des Jahres- und Tagesablaufs nach den periodischen Bewegungen der Sonne und des Mondes. Diese und weitere Kenntnisse, u. a. über die Planetenbewegung, waren Ansätze für die Herausbildung der Astronomie. Die vervollkommnete Sonnenuhr und die Auslaufwasseruhr gestatteten genauere Zeitbestimmungen. In Mesopotamien entstand die bis heute benutzte Sexagesimalteilung für die Zeit- und Winkelmessung. Erste Volumen-, Gewichts- und



Frühe Anwendung
des Hebels
beim Transport
einer Steinfigur
auf einer Schleife
in Assyrien

Längenmaße und dafür geeignete Meßgeräte (gleicharmige Waage) wurden eingeführt. Insbesondere beim Übergang zur Steinbauweise wurden kraftumformende Einrichtungen verwendet.

Beim Bau erster Städte sowie von Kultstätten (z. B. Pyramiden) und Verteidigungsanlagen wurden Rolle, Walze, Keil sowie verschiedene Formen des Hebels eingesetzt. Bestimmte mechanische Geräte wie Schleudern als Kriegsmaschinen und Schöpfräder mit Zahnrädern zur Bewässerung zeigten bereits ein erhebliches technisches Können.

Den Stand des in dieser Zeit bis etwa zur Mitte des 2. Jahrtausends v. u. Z. erreichten physikalischen Wissens kann man grob folgendermaßen charakterisieren: Der Schatz von praktischen Erfahrungen über diese und andere Mechanismen spiegelte sich in der Kenntnis ihrer Wirkungsweise und der Erfassung bestimmter funktionaler Zusammenhänge wider. Im allgemeinen stieß man aber noch nicht bis zu der Erkenntnis der physikalischen Gesetzmäßigkeiten vor, die diesen Produktionsmitteln zugrunde lagen. Doch geht daraus hervor, daß die Anfänge physikalischer Erkenntnisfindung eng mit der Vervollkommnung und Erfindung von bestimmten Produktionsmitteln verknüpft ist.

Die Perioden der griechisch-hellenistischen Antike und ihre wissenschaftlichen Zentren

Die Entwicklung der antiken Sklavereigesellschaft begann im 10. Jahrhundert v. u. Z. auf dem Territorium Griechenlands, den ägäischen Inseln und in den Küstenregionen Kleinasien. Für den wirtschaftlichen Aufschwung war die zunehmende Verwendung von Eisen wesentlich.

In den grundlegenden Produktionszweigen, dem Bergbau und der Landwirtschaft wurden eiserne Produktionsmittel (Keilhaue, Schlegel, Brecheisen, Hacke, Pflug-

schar, Spaten, Sichel, die Handpresse mit eiserner Spindel zur Ölgewinnung, der eiserne Drehkran des Mühlsteins u. a.) auch für die Massenproduktion angewandt. Im Handwerk bildete sich mit der Entfaltung und Ausbreitung der Metallgewinnung und -verarbeitung sowie durch den hohen Stand der Töpferarbeiten eine Spezialisierung heraus. Weitere Arbeitsteilung auf der Basis größerer Werkstätten mit mehr Sklaven und eine beträchtlich gestiegene Produktivität waren die Folge. Es entwickelte sich ein höherer gesellschaftlicher Bedarf und ein umfangreicher Markt auf der Grundlage einer Waren- und Geldwirtschaft. Dieser Entwicklungsstand der Produktion ermöglichte einen bedeutenden Fernhandel, der einen Aufschwung der Schifffahrt begünstigte.

In allen Produktionszweigen und vielen gesellschaftlichen Bereichen gehörten die Sklaven, die als sprechende Werkzeuge bezeichnet wurden, zu den Bedingungen des gesellschaftlichen Lebens in Griechenland. Somit wurde die Sklaverei zu einer Institution, die das Wesen jener Gesellschaftsordnung prägte.

Den erarbeiteten Reichtum eignete sich größtenteils die Aristokratie an, aber dadurch wurde die Möglichkeit geschaffen, eine kleine Gruppe von Menschen aus dem Produktionsprozeß herauszulösen, die sich mit Kunst, Kultur, Philosophie und Wissenschaft beschäftigte. Hier liegen die soziologischen Wurzeln für die Entfaltung der Wissenschaft in der griechisch-römischen Antike.

In der Entwicklung der antiken griechischen Gesellschaft kann man drei wesentliche Etappen unterscheiden, die auch der griechischen Kultur und dem wissenschaftlichen Denken ihr Gepräge gaben: die ionische, athenische und hellenistische Periode.

Die erste Periode vom Ende des 7. Jahrhunderts v. u. Z. bis zur Mitte des 5. Jahrhunderts v. u. Z. wird als ionische bezeichnet, da sie in einem engen Zusammenhang mit der bedeutenden wirtschaftlichen, politischen und kulturellen Entwicklung der griechischen Stadtstaaten an der Küste Kleinasien, in Ionien, steht.

In Milet, der weltoffenen einflußreichen Handelsstadt, stand die Wiege der materialistischen Naturphilosophie der Ionier. Hier wirkten THALES, ANAXIMANDER und HERAKLIT, die den Grundstein für materialistisches und dialektisches Denken legten. In Abdera, der Wirkungsstätte von LEUKIPPOS und seinem Schüler DEMOKRIT, erhielt der antike Materialismus im Atomismus seine konsequente Ausprägung. THALES und andere Naturphilosophen förderten auch die Entwicklung der Mathematik. In Unteritalien wurde in dieser Zeit der politisch-religiöse Geheimbund der Pythagoreer gegründet, der bedeutende mathematische Leistungen hervorbrachte.

In der athenischen Periode, von etwa 450 bis 300 v. u. Z., erzielte Athen eine führende Stellung unter den griechischen Stadtstaaten, insbesondere nach dem Sieg über die Perser. Gestützt auf die Entwicklung des Handels und des Handwerks bildete sich die Polisdemokratie heraus. Im 5. Jh. erlebte die Entwicklung der griechischen Kultur einen glanzvollen Höhepunkt. Nach der Niederlage Athens im Krieg gegen Sparta (431 bis 404 v. u. Z.) gewann die Sklavenhalteraristokratie wieder die Oberhand. Schließlich konnten die makedonischen Könige PHILIPP und ALEXANDER ganz Griechenland unterwerfen.

In dieser Zeit des Niedergangs der Polis erreichte aber die griechische Wissenschaft und Philosophie ihre Blütezeit. PLATON schuf um 388 v. u. Z. in einem nach dem Heros Akademos benannten Hain vor den Mauern Athens eine Philosophenschule, die den Namen Akademie erhielt. Hier wurden Staats- und Rechtstheorie, aber auch Ethik und Naturphilosophie entwickelt und gelehrt. PLATONS objektiver Idealismus, der auch in der Naturerkenntnis dem reinen Denken gegenüber der Erfahrung den Vorzug gab, blieb erkenntnistheoretisch hinter der ionischen Naturphilosophie zurück.

Sein bedeutender Schüler ARISTOTELES gründete in Athen eine neue Schule, das Lykeion, nachdem er sich teilweise von PLATONS Lehren gelöst hatte. Seine Anhänger wurden auch als Peripatetiker bezeichnet, weil es üblich wurde, den Gedankenaustausch beim Auf- und Abgehen in der Wandelhalle (Peripatos) des Lykeion zu pflegen. ARISTOTELES, einer der hervorragendsten Denker der Antike, näherte sich wieder dem philosophischen Materialismus und leitete neben Arbeiten zu den Gesellschaftswissenschaften durch bedeutsame Beiträge zur Zoologie, Botanik, Physik und Mathematik den Differenzierungsprozeß der Einzelwissenschaften ein. Die nachhaltige Wirkung seiner Lehren hat auch den Herausbildungsprozeß der Physik bis ins 17. Jahrhundert beeinflußt.

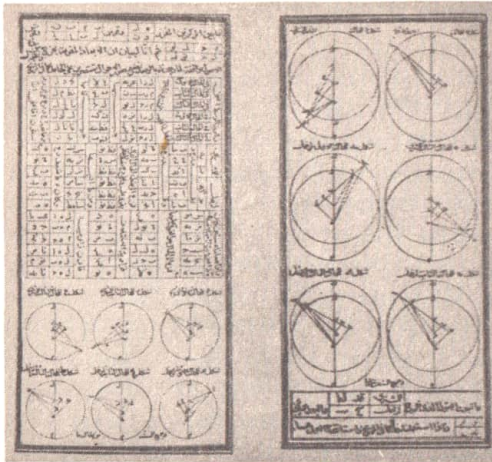
In der dritten, der hellenistischen Periode, die etwa die Zeit vom 2. Jahrhundert v. u. Z. bis zum 2. Jahrhundert u. Z. umfaßte, erreichten Mathematik und Naturwissenschaften ihre höchste Blüte. Das Weltreich ALEXANDER des GROSSEN, in 13 Jahren bis nach Indien, Zentralasien und Ägypten ausgedehnt, zerfiel nach dem Tode seines Schöpfers wegen seiner inneren Widersprüche rascher, als es erkämpft worden war. In diesem Großreich und den Nachfolgestaaten, dem Reich der Ptolemäerkönige (Ägypten), dem pergamesischen (Kleinasien) und dem Seleukiden-Reich (Syrien), verschmolzen Kultur und Wissenschaft der Griechen (d. h. der Hellenen) mit der älteren orientalischen Kultur der eroberten Vasallenstaaten und so verlagerten sich die Zentren von Wissenschaft, Kunst und Kultur von den griechischen Stadtstaaten hierher. In Alexandria in Ägypten riefen die Ptolemäerkönige noch vor 300 v. u. Z. ein staatlich unterhaltenes Forschungszentrum unter dem Namen Museion ins Leben, das für fast fünf Jahrhunderte zum Zentrum der antiken Wissenschaft wurde. Hier wurden philologische, aber auch mathematische, astronomische, botanische und zoologische Studien betrieben. Es gab Hörsäle, Arbeitszimmer, eine Art Sternwarte, zoologische und botanische Gärten sowie eine reichhaltige Bibliothek, das Serapeion. Die bedeutendsten Gelehrten dieser Zeit wirkten am Museion oder standen mit ihm in Verbindung. Unter ihnen ragen als Mathematiker, Astronomen, Geographen, Techniker EUKLID, APOLLONIUS, ARCHIMEDES, HIPARCH, PTOLEMAIOS, ERATOSTHENES, KTESIBIOS und HERON hervor. Entscheidend für die weitere Entwicklung war, daß sich einzelne Untersuchungsgebiete in der hellenistischen Periode, wie Mathematik, Astronomie, Mechanik, Optik, aus der Philosophie herauslösten und verselbständigten. Hier lagen auch die Ansätze für die Formierung erster Teilbereiche der Physik wie der mechanischen Statik und Optik.

Zur Herausbildung des geozentrischen Weltbildes

Beobachtungen der Bewegungen der Sonne, des Mondes und der Planeten erwuchsen aus gesellschaftlichen Bedürfnissen. Anfänge einer theoretischen Verarbeitung der Ergebnisse zu einem Weltbild sind ebenfalls bereits früh zu verzeichnen.

HERAKLEIDES von PONTOS vertrat beispielsweise die Ansicht, daß die Erde sich um die eigene Achse drehe und eine Bewegung in einem Kreis beschreibe. Die Überzeugung von der zentralen Stellung der Erde im Kosmos entwickelte sich aus Beobachtungen über die scheinbare Bewegung der Himmelskörper gegenüber der feststehenden Erde und logischen und ideologischen Folgerungen über die Erde, die als „natürlicher Ort des Schweren“ und Wohnsitz der Menschen den Weltmittelpunkt darstellen müsse. Die von den Pythagoreern beeinflusste idealistische Philosophie PLATONS erhob die Axiome der gleichförmigen Bewegung der Himmelskörper auf Kreisbahnen zu Dogmen, die den Aufbau des geozentrischen Weltsystems bestimmten. EUDOXOS nahm diese Forderungen auf und erdachte ein System von sich bewegendem Kugelsphären, an denen die Planeten angeheftet sein sollten und die durch eine alles umschließende Kugel mit den Fixsternen abgeschlossen wurde. Die Theorie der homozentrischen Sphären geriet aber immer mehr mit der Beobachtung in Widerspruch, so daß HERAKLEIDES, APOLLONIUS und HIPPARCH, um die Dogmen einzuhalten, noch die Lehre der exzentrischen und epizyklischen Bewegung dem System des EUDOXOS hinzufügten. Mit PLATON und ARISTOTELES setzt sich auch die Auffassung durch, daß die Planeten durch einen „ersten Beweger“ oder „himmlische Intelligenzen“ in Bewegung gesetzt worden sind bzw. gehalten werden, während ionische Naturphilosophen die Sterne noch als große Steinhaufen angesehen hatten. Aus ARISTOTELES' Bewegungslehre formte sich auch die Ansicht, daß die vollkommene, in sich geschlossene Bewegung der Gestirne mit Bewegungen auf der Erde nicht vergleichbar wäre. Diese Trennung wurde erst mit dem Aufbau der klassischen Mechanik im 17. Jahrhundert vollständig überwunden. Das von HIPPARCH gesammelte und zu einer geozentrischen Planetentheorie verarbeitete Tatsachenmaterial, ein umfassendes Forschungsprogramm, wurde von PROLEMAIOS weitergeführt. Sein Hauptwerk mit dem nach der Übertragung ins Arabische latinisierten Titel „Almagest“ stellt den Höhepunkt der antiken Astronomie dar. Darin wurde unter Auswertung eines riesigen empirischen Materials unter Annahme von komplizierten Bewegungen der Himmelskörper eine gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen erzielt, so daß die Stellung der Planeten (außer Erde), Sonne und Mond in Vergangenheit und Zukunft mit hoher Genauigkeit ermittelt werden konnte. Es war ein hervorragendes Werk der mathematischen Astronomie, demgegenüber blieben Ansätze zu einer physikalischen Deutung in einem folgenden Werk des Ptolemaios, wegen ihrer falschen Voraussetzungen, bedeutungslos.

Dagegen ist es bemerkenswert, daß sich in der Antike gegen den ideologischen Druck der herrschenden Philosophie auch ein heliozentrisches Weltbild ausbildete. ARCHIMEDES berichtete über ARISTARCH, der auf Grund von astronomischen Winkelmessungen zur Ansicht gekommen sei, daß die Sonne enorm größer als die Erde



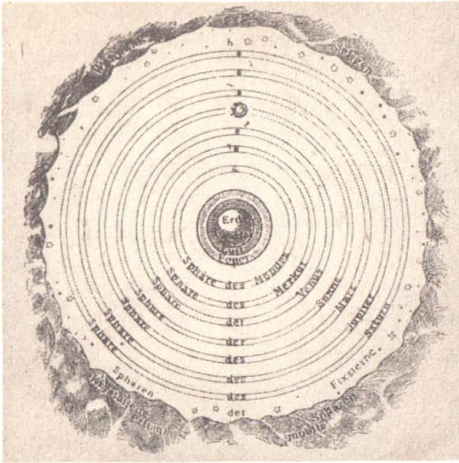
Arabische Ausgabe von PROKLEMAIOS' astronomischem Hauptwerk Almagest aus dem 13. Jahrhundert

sei und deshalb die Sonne im Mittelpunkt der Welt stehen müsse. Hier wurde die Realität über das Dogma gestellt; die Auffassungen des „Copernicus der Antike“ wurden aber in jener Zeit abgelehnt, erst über die islamische Wissenschaft trugen sie in der Zeit der Renaissance zur Wandlung des Weltbildes bei.

Zu naturphilosophischen Vorstellungen über die Materiestruktur

Die Anfänge naturphilosophischen Denkens über die Materiestruktur fallen mit der Herausbildung des Materialismus ionischer Philosophen zusammen. Ihre Vertreter versuchten, die Frage nach dem Urstoff der Welt, aus dem alle Dinge bestehen, zu beantworten. THALES wird die Auffassung zugeschrieben, daß die Erde aus dem Wasser aufgetaucht sei und auf dem Wasser schwimme. ANAXIMANDER dagegen ging über die Verallgemeinerung der Erfahrung hinaus und bezeichnete das „Unbegrenzte“ (apeiron) als Urgrund aller Dinge, dem die Gegensätze „warm“ und „kalt“, „trocken“ und „feucht“ eigen sind, die die Umwandlung des „apeiron“ in die wahrnehmbaren Dinge der Welt bewirken. Ein wesentliches Merkmal seiner Naturphilosophie war der Gedanke der Entwicklung. Ähnliche dialektisch-materialistische Grundelemente des philosophischen Denkens begegnen uns bei seinem Schüler ANAXIMENES, der die Luft als Urstoff annahm, aus dem durch Verdichtung und Verdünnung die Dinge entstanden sein sollten. HERAKLIT, der das Feuer als Urgrund aller Dinge ansah, war es angelegen, die Dialektik der allgemeinen Bewegung, Veränderung und Entwicklung zu erfassen, die im Geschehen der Natur und dem Leben der Menschen wirkte.

Diese materialistische Linie im naturphilosophischen Denken wurde von EMPEDOKLES, LEUKIPP und DEMOKRIT fortgesetzt. Während EMPEDOKLES die Strukturiertheit der Natur aus den vier unvergänglichen Elementen, der Erde, dem Wasser, der Luft und dem Feuer, die aus kleinsten Teilchen bestehen, erklärt, unternahmen



LEUKIPP und DEMOKRIT den ersten Versuch einer Naturerklärung aus mechanischen Annahmen heraus. Das Weltall sei anfangslos, von niemandem geschaffen. Alle Körper sollten aus qualitativ gleichen unzerstörbaren Teilchen, den Atomen, bestehen. Die atomistische Lehre DEMOKRITS erhält ihre besondere Bedeutung durch ihre atheistische Tendenz, die Betonung der Kausalität der Naturvorgänge und durch das Bestreben, die Naturphänomene als Bewegungserscheinungen aufzufassen. Die fruchtbare Traditionslinie der demokritischen Atomistik reicht über die römischen Philosophen EPIKUR und LUKREZ und die islamische Atomistik bis zu GASSENDI und den Begründern der klassischen Physik, GALILEI und NEWTON.

Im Gegensatz zu diesen materialistischen naturphilosophischen Lehren wurde von der pythagoräischen Schule das Wesen der Welt in der Harmonie der Zahlen gesehen. Eine durch Maß und Zahl bestimmte Gesetzmäßigkeit beherrsche das natürliche Geschehen.

PLATON, der in seiner Jugend die pythagoräische Mathematik kennengelernt hatte, entwickelte eine idealistische Naturphilosophie nach mathematischen Prinzipien. Der materiellen Welt ordnete er als Grundbestandteile die fünf regelmäßigen Polyeder zu, dem Würfel der Erde, das Oktaeder der Luft, den Tetraeder dem Feuer, das Ikosaeder dem Wasser (die platonischen Weltkörper). Die ganze Welt habe der Demiurg (der Schöpfer) in der Form eines Pentagondodekaeders geschaffen; dieser ist mit dem geometrischen Raum identisch. Die realen Dinge werden als unvollständige Kopien objektiver Ideen aufgefaßt. PLATONS Philosophie, die mathematische Strukturen den materiellen Dingen gewissermaßen aufpropfte, hat sich in der Entwicklung der Naturwissenschaften vor allem dadurch nachteilig ausgewirkt, daß sie die empirische Untersuchung als Ausgangspunkt der Mathematisierung geringschätzte.

Mit PLATONS Schüler und Gegenspieler ARISTOTELES bricht sich wieder die Tendenz zu einer materialistischen Natursicht Bahn. Er griff die wissenschaftlichen Bestrebungen seiner Vorgänger auf und schuf ein eigenes umfassendes wissen-

schaftlich-philosophisches System, das für nahezu 2000 Jahre auch die Entwicklung der Physik bestimmte. Löst man seine Ansichten über die Materiestruktur aus dem allgemeinen Zusammenhang heraus, so ist die Lehre von den vier irdischen Elementen mit charakteristischen Eigenschaften (Qualitäten), die das Bestimmende sind, hervorzuheben. Der Äther oder die Quintessenz als fünfter Stoff erfüllt den Himmelsraum. Die vier Elemente können ineinander übergehen, ihre Verbindung zu den realen Stoffen der Erfahrung ist gegeben. Unentschieden ist seine Ansicht zur unbegrenzten Teilbarkeit der Körper. Sein Widerspruch zur atomistischen Lehre führt ihn dazu, daß er mit vielerlei Argumenten die Existenz von Mikrovakua zwischen Atomen und Makrovakua verneint; beide sind in gleichem Maße undenkbar. Im endlichen Raum, der immer durch ein Medium ausgefüllt ist, laufen Naturvorgänge in einer bestimmten Zeit ab, die selbst ohne Anfang und Ende ist. Aus ARISTOTELES' Auffassung ging die Kontinuumslehre der Materie hervor, die als Gegenkonzeption zur Atomistik ebenso entscheidend zur Formierung der Grundauffassungen der Physik über die Struktur der Materie beigetragen hat.

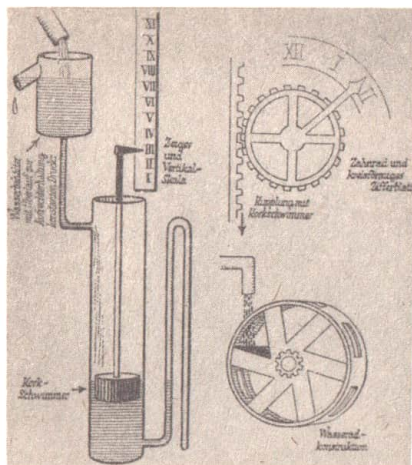
Über physikalische und technische Fortschritte

Im Gegensatz zur Mathematik und Astronomie wurden in der Physik, entsprechend dem heutigen Definitionsumfang dieses Begriffs, nur Ansätze zu systematischen Kenntnissen auf verschiedenen Gebieten erreicht. Ein Grund dafür liegt darin, daß sich die Erkenntnisse meist nur auf augenscheinliche Erfahrungen stützen; denn die experimentelle Methode wurde erst mit GALILEI im Manufakturkapitalismus ausgebildet.

Dennoch oder gerade deshalb sind in der Mechanik Fortschritte erzielt worden, wo enge Beziehungen zur Produktionspraxis vorlagen. Der Einsatz von kraftumformenden Einrichtungen führte bei ARISTOTELES zu einer ersten Formulierung des Hebelgesetzes. Demgegenüber ist die aus seiner Naturphilosophie entwickelte Lehre von den natürlichen und erzwungenen Bewegungen, die alle einen Bewegter erfordern, ein wohl logischer, aber nur durch oberflächliche Beobachtung gestützter Ansatz, der die Herausbildung der mechanischen Dynamik mehr belastete als förderte.

Mit ARCHIMEDES erreichte die antike Physik ihren Höhepunkt. Aus seiner erst am Anfang des 20. Jahrhunderts aufgefundenen „Methodenlehre“ geht hervor, daß er durch genaue mechanische Beobachtungen und Überlegungen zu seiner mathematischen Beweisführung gekommen ist. Dieser neue Erkenntnisweg prägte seine Entdeckungen der Gesetze über das Kräftegleichgewicht am Hebel, den hydrostatischen Auftrieb, die Schwerpunktlagen u. a. Damit ging er über die von Dogmen beherrschte antike Einstellung zur Erkenntnisfindung hinaus, wurde zum Wegbereiter der mathematischen Physik und Begründer der mechanischen Statik, insbesondere der Hydrostatik.

Die von ARCHIMEDES mit initiierte neue positive Haltung zur Praxis in der hellenistischen Periode drückt sich in der Tätigkeit einer Gruppe von Erfindern aus, die



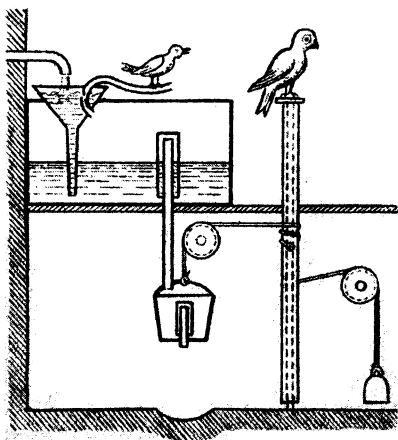
Schematische Darstellung
griechischer Wasseruhren

man als Vorläufer der Ingenieure bezeichnen kann. KTESIBIOS und PHILON konstruierten eine Vielzahl von Geräten, wie mechanische Wasseruhren, Druckpumpen oder Orgeln, und verbesserten Belagerungsgeschütze. HERON, zugleich praktischer Mathematiker, erfand u. a. eine Reihe von Apparaten, die auf der Wirkung von Dampf- und Luftdruck beruhten. Zugleich markierten HERONS Automaten, die zu Kultzwecken benutzt wurden, und insbesondere seine Aeolipile, die durch Dampfstrahl bewegte Maschine, eine durch die Sklavereigesellschaft gezogene Grenze der Entwicklung der Produktivkräfte: Die Verfügbarkeit über billige Sklavenarbeit ließ ein gesellschaftliches Bedürfnis zur Erschließung neuer Energiequellen und Anwendung komplizierterer Maschinen – über die Hilfsmittel zur Unterstützung der menschlichen Arbeitskraft hinaus – nicht aufkommen.

Neben vereinzelten Beobachtungen und Ansichten über Wärme und Elektrizität sowie einigen Beiträgen zur vornehmlich musikalischen Akustik und Schwingungslehre entstanden in der Antike auch einige wissenschaftliche Ansätze zur Optik. Mit den Problemen des Sehens und der Farben beschäftigte man sich schon früh.

DEMOKRIT nahm an, daß sich von den Gegenständen atomare Bilder ablösen, die ins Auge gelangt, ein Bild vermitteln. Die PYTHAGOREER meinten, daß vom Auge ausgehende Sehstrahlen die Gegenstände gewissermaßen abtasteten. ARISTOTELES erklärte den Sehvorgang durch die Vermittlung eines durchsichtigen überall verbreiteten Mediums (des Äthers). Auf ihn geht auch die Ansicht zurück, daß Farben durch die Mischung von hell und dunkel entstehen.

Weiterführender aber waren die Beiträge zur geometrischen Optik. Das schon vor ARISTOTELES bekannte Reflexionsgesetz wurde unter der Voraussetzung der geradlinigen Ausbreitung des Lichts in EUKLIDS „Katoptrik“ auch in der Anwendung auf sphärische und parabolische Brennspiegel systematisch behandelt. Dagegen widersprach die Refraktion der Geradlinigkeit der Lichtstrahlen, sie wurde infolgedessen nicht geometrisch erklärt. Obwohl PROLEMAIOS die Brechungswinkel von Glas und Wasser bei veränderlichem Einfallswinkel genau maß, konnte er daraus, wegen



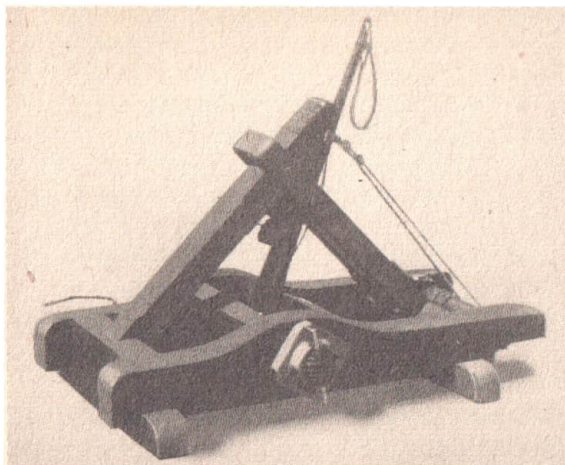
Einer von HERONS
hydrostatischen Spielapparaten
mit Überlaufheber
(Vogeltheater)

fehlender mathematischer Voraussetzungen, nicht das Brechungsgesetz formulieren. Dieser Grundstock an Wissen, tradiert und ausgebaut in der islamischen Wissenschaft, bildete den Ausgangspunkt für den Aufbau der Optik als physikalische Teildisziplin im 16. und 17. Jahrhundert.

Ausgang der Antike

In dem mächtigen Römischen Imperium wurden zwar die Schätze der griechischen Naturwissenschaften bewahrt, aber kaum weiterentwickelt. Hier lagen die Glanzleistungen auf dem Gebiet des Bau- und Kriegswesens und in der Medizin. Sammelwerke wie die 37bändige „Naturgeschichte“ von PLINIUS DEM ÄLTEREN traten in den Vordergrund, schlossen aber neue Höhepunkte wie das an die materialistische Atomistik anknüpfende Lehrgedicht des LUKREZ „Über die Dinge der Natur“ nicht aus. Mit der Ausbreitung des Christentums nahmen idealistische und mystische Strömungen überhand. Das Museion in Alexandria fiel 361 u. Z. als Bastion des Heidentums den Auseinandersetzungen zwischen Christen und Nichtchristen endgültig zum Opfer. Die berühmte Akademie PLATONS wurde 529 geschlossen. Nach der Teilung des Imperiums in ein weströmisches und ein oströmisches Reich im Jahre 395 und dem Untergang von Westrom wurden die griechischen wissenschaftlichen Traditionen vor allem in Ostrom (Byzanz) weitergepflegt. Mit der Eroberung von Ostrom durch die Türken (Fall Konstantinopels 1453) flüchteten byzantinische Gelehrte im 14. und 15. Jahrhundert nach Italien, wo die antike Überlieferung, darunter die Schätze naturwissenschaftlichen Wissens, durch die beginnende frühkapitalistische Entwicklung auf großes Interesse stieß.

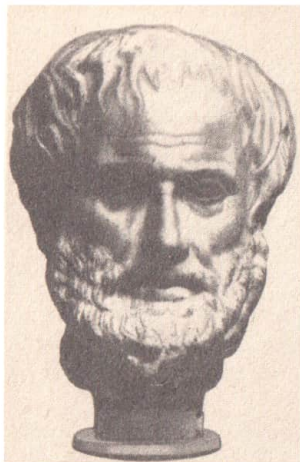
Die eigentlichen Erben der griechisch-hellenistischen Wissenschaft waren die Völker des Islam. Ihre kritische Aneignung und Verarbeitung des Wissens führten zu einem neuen Aufschwung der Wissenschaften.



Nachbildung
einer Steinschleuder

Literaturverzeichnis zu Anfänge der Physik

- [1] Antlitze großer Schöpfer, eingel. von Bettina Holzapfel, hrsg. v. Heinz Balmer, Basel 1961.
- [2] Bonnard, A.: Die Kultur der Griechen, Bd. II, Von Antigone bis Sophokles; Bd. III, Von Euripides bis Alexandria. Verlag der Kunst, Dresden 1967.
- [3] Brentjes, B.: Zwei Jahrtausende „Eisengut“. In: Geschichte der Technik, hrsg. v. Rolf Sonnemann, Edition Leipzig, 1978.
- [4] Diels, H.: Antike Technik, 3. Aufl., Leipzig 1924.
- [5] Diels, H. und Schramm, E.: Herons Belopoika (Schrift vom Geschützbau), Philons Belopoika (Mechanik Buch IV und V). Griechisch und deutsch, unveränderter Nachdruck. Leipzig 1970.
- [6] Dijksterhuis, F. I.: Die Mechanisierung des Weltbildes. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1956.
- [7] Griechische Atomisten, Texte und Kommentare zum materialistischen Denken der Antike. Hrsg. von F. Jürss/R. Müller/E. G. Schmidt, Leipzig 1973.
- [8] Jonas, W./Linsbauer, V./Marx, H.: Die Produktivkräfte in der Geschichte. Dietz Verlag, Berlin 1969.
- [9] Jürss, F.: Von Thales zu Demokrit, 1. Aufl., Leipzig 1977.
- [10] Autorenkollektiv – Leitung R. Müller: Kulturgeschichte der Antike, Bd. 1, Griechenland, Berlin 1976.
- [11] Lexikon der Antike. Hrsg. v. J. Irmscher, 2. neubearb. u. erweit. Auflage, Leipzig 1977.
- [12] Wissenschaft und Weltanschauung in der Antike. Hrsg. v. G. Kröber, Berlin 1966.
- [13] Wußing, H.: Mathematik der Antike. Leipzig 1965.
- [14] Wußing, H. (Hrsg.): Geschichte der Naturwissenschaften. Verlag Edition Leipzig, 1983.
- [15] Seidel, H.: Von Thales bis Platon. Berlin 1980.



ARISTOTELES (384 bis 322 v. u. Z.)

ARISTOTELES ist der hervorragende Repräsentant der antiken Wissenschaft. KARL MARX sah in ihm den „größten Denker des Altertums“ [7; S. 430], und nach Worten von FRIEDRICH ENGELS war er „der universellste Kopf“ unter den griechischen Philosophen. [5; S. 19]

Seine philosophischen Ansichten und darin eingebettet seine Arbeiten zur Physik, vor allem seine Auffassung von den natürlichen Örtern der Körper und seine Bewegungslehre, haben bis ins 16. Jahrhundert hinein die Entwicklung des Naturdenkens beeinflusst. Mit seinen Deutungen der Naturvorgänge mußten sich die Begründer der klassischen Physik auseinandersetzen.

ARISTOTELES wurde im Jahre 384 v. u. Z. in Stageira in der Nähe von Thessaloniki geboren. Sein Vater war Arzt und wurde zum Leibarzt des makedonischen Königs berufen. Entsprechend der Familientradition sollte ARISTOTELES den Beruf eines Arztes ergreifen und lernte frühzeitig Lebenserscheinungen zu beobachten. Nach dem Tode seiner Eltern, er war 17 Jahre alt und konnte dank des ererbten Vermögens nach seinen Neigungen leben, begab er sich nach Athen, um dem Kreis der bedeutenden Männer, die das geistige Leben Griechenlands bestimmten, näherzutreten zu können. Das Zentrum der griechischen Wissenschaft bildete die Akademie des PLATON. ARISTOTELES, der als Metöke (freier Fremder, ohne Bürgerrechte der Stadt) in Athen lebte, trat dieser bei und wurde der bedeutendste Schüler PLATONS. Hier empfing ARISTOTELES seine wissenschaftliche Ausbildung, doch zugleich legte er die Grundlagen zu seinen eigenen späteren wissenschaftlichen Arbeiten. Es ist anzunehmen, daß er nicht allein die platonischen Lehren hörte, sondern auch mit unterschiedlichem Gedankengut, das die Gäste aus allen Teilen Griechenlands mitbrachten, konfrontiert wurde.

ARISTOTELES stimmte der idealistischen Grundposition der Philosophie PLATONS nicht zu, er lehnte die platonische Welt der „Ideen“ ab. Diese Ablehnung, auch

wenn sie nicht zu einer vollkommenen Überwindung des Idealismus führte, hatte eine progressive Auswirkung. LENIN weist darauf hin: „Wenn ein Idealist die Grundlagen des Idealismus eines anderen Idealismus kritisiert, so gewinnt dabei stets der Materialismus.“ (Vgl. „Aristoteles versus Plato etc.“ [6; S. 271].) Diesen materialistischen Tendenzen und den Besonderheiten der Dialektik des ARISTOTELES wandte sich LENIN in mehreren Arbeiten zu und stellte ihren Platz in der Entwicklung philosophischen Denkens heraus. [6]

ARISTOTELES' andere Grundposition mag die Ursache gewesen sein, daß er nach dem Tode PLATONS die Akademie verließ, obgleich er in ihr als selbständig Lehrender aufgetreten war und seine Kollegien gut besucht waren. Er begab sich nach Kleinasien und lebte dort in verschiedenen Städten. 345 heiratete er PYTHIAS, die Schwester eines Freundes.

Auf diesen Reisen beschäftigte sich ARISTOTELES mit wissenschaftlichen Arbeiten. Er begann mit biologischen Studien und dem Aufbau einer naturwissenschaftlichen Sammlung. Die botanische Sammlung wurde später von THEOPHRASTOS weitergeführt, während sich ARISTOTELES vor allem der Zoologie zuwandte. Manche seiner späteren Schriften scheint auf eine Verwendung der Studien jener Jahre hinzuweisen.

Im Jahre 343 berief König PHILIPP von MAKEDONIEN ARISTOTELES als Erzieher seines Sohnes ALEXANDER an seinen Hof. Acht Jahre wirkte ARISTOTELES in dieser ehrenvollen Stellung. Als im Jahre 336 ALEXANDER König geworden war und seinen Feldzug gegen Ägypten begann, kehrte ARISTOTELES nach Athen zurück (334) und gründete seine eigene Schule, das Lykeion.

Die Mehrzahl der uns erhaltenen Schriften des ARISTOTELES stammen wohl aus seiner Lehrzeit. Ihre Anlage zeigt, daß sie als Grundlage für den von ihm erteilten Unterricht anzusehen sind bzw. sich als Nachschrift aus dem Unterricht ergeben.

Nach dem Tode ALEXANDERS wurde ARISTOTELES von seinen politischen Gegnern verleumdet und der Gottlosigkeit angeklagt. Im Jahre 323 verließ er Athen und zog sich auf seine Besitzungen in Chalkis auf Euböa zurück, wo er ein Jahr später starb.

Drei wesentliche Züge prägen seine Philosophie: ARISTOTELES ging von dem Grundsatz aus, daß die Philosophie der empirischen Einzelforschung bedarf, um zu allgemeingültigen Aussagen gelangen zu können. Ihm kommt das Verdienst zu, der wissenschaftlich-philosophischen Terminologie den ihr gebührenden Platz zugeordnet zu haben, und er setzt mit dem methodischen Aufbau seiner von ihm vortragenen Probleme Maßstäbe für eine philosophische Lehre.

ARISTOTELES' Schriften umfassen vor allem folgende sechs Gebiete: 1. Die Lehre von den allgemeinen Entwicklungsprinzipien der Welt; 2. Erkenntnistheorie und Logik; 3. Ethik; 4. Staatstheorie; 5. Ästhetik und Rhetorik; 6. Naturwissenschaftliche Einzelprobleme: Astronomie, Meteorologie, Physik, vergleichende Anatomie (Zoologie), Physiologie und Psychologie.

Seine naturwissenschaftlichen Schriften sind von den Prinzipien seiner Philosophie durchdrungen und erhalten somit ihre besonderen Merkmale. Sein Begriff der Physik umfaßte das gesamte Naturgeschehen.

Das wird besonders in seiner „Problemata Physika“ ersichtlich. Er behandelte hierin sowohl das, „was medizinische Fragen betrifft“, als auch physiologische Probleme sowie Gegenstände aus der Musik, bezogen auf Akustik und Harmonie, und ein „Kompendium von naturwissenschaftlichen Problemen“. [1]

Auch in seinen „Physikvorlesungen“ widmete er sich allgemeingültigen Fragen der Natur, u. a. der Darlegung der Begriffe der Natur des Kontinuums, des Unendlichen, des Ortes, der Zeit, des Leeren; der Erkenntnis der wesentlichen Prinzipien der Natur – das ist für ihn im Gegensatz zu den Eleaten der Prozeßcharakter der Natur, die in ihr liegende Gegensätzlichkeit, das Werden und Vergehen; den Problemen der Bewegung, der Ortsveränderung und der Kreisbewegung als fundamentaler Weltprozeß. [2]

Welche allgemeinen naturphilosophischen Grundsätze, die das physikalische Weltbild über seine Zeit hinaus bis ins 15. und 16. Jahrhundert prägten, lehrte ARISTOTELES?

ARISTOTELES bejahte die objektive Existenz der Natur, deren Körper aus vier Grundelementen bestanden. Er knüpfte dabei nicht an Gedanken der Atomisten an, sondern griff auf die Elementenlehre des Empedokles zurück und versuchte diese mit seinen grundlegenden Prinzipien der Naturauffassung zu verbinden: Die Elemente müssen durch sinnliche Eindrücke, vor allem durch den Tastsinn, zu erkennen sein, sie müssen qualitative Veränderungen hervorbringen können und müssen paarweise Gegensätze bilden. Die Erde ist kalt und trocken, das Wasser kalt und feucht, die Luft warm und feucht, das Feuer warm und trocken. [3; II] Aus der Mischung dieser vier Elemente bestehen alle Dinge und Erscheinungen in der Welt, auch können die Elemente ineinander übergehen.

Mit diesen Ansichten stellte sich ARISTOTELES in einen Gegensatz zu den Grundgedanken der Atomisten, obgleich er wesentliche Lehren der Naturphilosophie DEMOKRITS anerkannte. DEMOKRIT hatte als letzter der großen frühgriechischen Systematiker, von den Grundsätzen LEUKIPPS ausgehend, die naturphilosophischen Lehren jener Epoche zu einem einheitlichen Gedankengebäude verarbeitet. Den Ursprung aller Dinge sah DEMOKRIT in den kleinsten materiellen Teilchen, den Atomen, die er weder als physikalisch noch als mathematisch weiter teilbar ansah. Um die Vielfalt der Phänomene in der Welt erklären zu können, nahm er unendlich viele Atomformen von verschiedener Größe an. Durch ihre Form (rund, eckig, hakenförmig und gleichsam gebogen), ihre Lage und Anordnung würden alle Dinge hervorgebracht. Die Entstehung unendlich vieler Himmelskörper, Gestirne erklärte DEMOKRIT durch die ständige Bewegung der Atome, die sich aus den Atomen selbst aus ihrer eigenen Kraft ergibt.

DEMOKRIT nahm an, daß sich Materie und Bewegung nicht trennen lassen. Wie die Atome, so hatte auch die Bewegung bei ihm keinen Anfang.

Auf Grund des ungeordneten Impulses stoßen die Atome zufällig zusammen, verflechten und verklammern sich und bauen nach Notwendigkeit unendlich viele Welten auf, die sich in andere, aus denselben Atomen bestehende Welten verwandeln.



DEMOKRITOS VON ABDERA

Alles geschieht nach DEMOKRIT aus natürlichen Gründen. Diese immer vorhandene mechanische Bewegung der Atome vollzieht sich im unendlich leeren Raum. Für DEMOKRIT ist auch der Raum existent.

Er existiert zwischen den Atomen und macht erst die Verdichtung und Ausdehnung der Körper möglich.

DEMOKRIT wurde in seinem Materialismus, aber auch in seiner demokratischen Haltung von den Vertretern der Sklavenhalteraristokratie angegriffen. Zu seinen Gegnern gehören auch PLATON und teilweise ARISTOTELES. Diesem aber haben wir durch seine Auseinandersetzung mit den Atomisten das Wissen um viele Lehrmeinungen DEMOKRITS zu verdanken; denn die Schriften dieses bedeutenden Atomisten sind verlorengegangen.

ARISTOTELES lehnte die Lehre der Atomisten vor allem deshalb ab, weil diese das Vorhandensein eines Vakuums u. a. zwischen den Atomen bejahten. ARISTOTELES dagegen nahm den Raum als begrenzt und erfüllt an und behauptete, daß die Natur einen „horror vacui“ (Abscheu vor der Leere) besitze.

Im Gegensatz zum Atomismus DEMOKRITS, der eine ständige Bewegung postuliert, beruht die Physik des ARISTOTELES auf der Annahme zweier Bewegungsformen, der irdischen und der himmlischen. Da bei ihm die Empirie einen beachtenswerten Platz einnimmt, erkennt er die geradlinige, endliche und ungleichförmige Bewegung der irdischen Körper an. Jedoch nimmt er PLATONS Gedanken von der gleichförmigen, unendlichen und kreisförmigen Bewegung der Himmelskörper auf und verbindet beide Anschauungen in seiner Physik.[2; S. 7]

ARISTOTELES geht davon aus, daß jede Bewegung einen Bewegter (Motor) erfordere. Er unterscheidet zwischen einer natürlichen und einer erzwungenen sowie zwischen einer gradlinigen und kreisförmigen Bewegung.[2; V, S. 1ff; 3; I, III] Diese Prinzipien der Bewegung verbindet ARISTOTELES mit seiner Elementenlehre.

Unter den Elementen, so lehrt ARISTOTELES, gibt es ein Element, das absolut schwer sei, die Erde. Daher nähme sie den Ort des Mittelpunktes des Weltalls ein. Die schweren Körper (Stein) streben in ihrer natürlichen Bewegung der Erde, ihrem natürlichen Ort, zu – sie fallen. Diese Fallbewegung, so lehrt ARISTOTELES, ist eine gradlinige (die Körper eilen auf kürzestem Wege ihrem natürlichen Ort zu), eine endliche (sie hört mit dem Erreichen auf) und eine ungleichförmige Bewegung, da sich die Körper ihrem Ruheort mit steigender Geschwindigkeit zubewegen. Diese Meinung stellte die Frage nach der Ursache der Fallbewegung in den Vordergrund und führte zu der irrigen Ansicht, daß Körper desto schneller fallen, je schwerer sie sind. Er greift auch die Fragen der Wurferscheinung auf, die er als eine zusammengesetzte Bewegung von erzwungener und natürlicher Bewegung betrachtete. Er wandte sich auch den Fragen der Bewegung eines Körpers zu, der fortgezogen oder fortgestoßen wird. Auch hier geht er von der alltäglichen Erfahrung aus, daß z. B. ein Wagen desto schneller sich bewegt, je kräftiger er geschoben wird. Bleibt die Kraft konstant, so bleibt die Bewegung gleichförmig. [4; S. 31, 35] Der Versuch, dieses Problem zu lösen, führte in den folgenden Jahrhunderten zur Herausbildung der Impetustheorie, die die wissenschaftliche Erklärung der Bewegung vorbereitete.

Von den Grundprinzipien der Bewegung her entwickelte ARISTOTELES auch seine Gedanken über das Himmelsgebäude, das räumlich begrenzt, zeitlich hingegen unendlich, entstehungslos und unvergänglich wäre.

ARISTOTELES ordnete den Himmelskörpern, die kugelförmige Gestalt besaßen, die von ihm postulierte kreisförmige Bewegung zu. Ihre Bewegung sah er jedoch nicht so vollkommen an wie die des Äthers. Das erforderte für jeden Himmelskörper eine eigene Sphäre, wie schon EUDOXOS und KALIPPOS lehrten.

Durch den Gegensatz zwischen dem Äther und den Elementen ergibt sich für das Weltall eine Grenze von Diesseits und Jenseits. Das Jenseits ist die Region der Gestirne, es ist die Welt der gleichförmigen, kreisförmigen und unendlichen Bewegung. Das Diesseits ist die Region unterhalb des Mondes, die Welt der gegensätzlichen Bewegungen, des Entstehens und Vergehens. [8; S. 115 bis 125]

ARISTOTELES legte somit einen Grundstein für eine Zweiweltenauffassung, in der es keine einheitlichen Naturgesetze gab. Damit stellte er Aufgaben, die von den nach ihm kommenden Generationen diskutiert, kommentiert, unterschiedlich ausgelegt und beantwortet wurden. Erst mit der Herausbildung der Physik als Naturwissenschaft konnte eine wissenschaftliche Lösung gefunden werden; denn eine dynamische Theorie der Planetenbewegung hatte eine einheitliche Betrachtungsweise der Bewegung der Himmelskörper und der irdischen Körper zur Voraussetzung.

ARISTOTELES wandte sich auch Fragen der Statik zu. Die meisten von ihm behandelten Probleme berühren die Wirkung des Hebels und in Ansätzen die Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften.

Auch der Optik widmete er sich. Im Gegensatz zu EMPEDOKLES und PLATON sah er im Licht und in den Farben nicht körperliche Ausflüsse des Auges, sondern er meinte, daß zwischen dem Gegenstand und dem Auge ein durchsichtiges Medium vorhanden sei, welches das Sehen ermöglicht. Die Farben ergeben sich bei ihm aus

den Grundfarben weiß und schwarz und aus ihrer verschiedenen Mischung. Er nahm an, daß die angenehmen Farben wie Purpur und Scharlach nach einfachen Zahlenverhältnissen gemischt sind, so wie sich die Harmonie der Töne auch aus einfachen Verhältnissen ergibt. Eine andere Art der Farbentstehung sah er darin, daß das Schwarze durch das Weiße scheine, wie z. B. die Sonne zwar weiß sei, aber durch Nebel und Dampf rot aussehe. Er erwähnte auch die Reflexion des Lichtes, ebenso die Brechung, ohne eine Erklärung geben zu können.

ARISTOTELES versuchte, eine physikalische Erklärung der Schallerscheinungen zu geben, und gelangte zur Erkenntnis der Reflexion des Schalls.[1; XI, 23]

Im ganzen gesehen, haben ARISTOTELES und DEMOKRIT in ihrem Bestreben, ein wissenschaftliches System aus der Einheit von Erfahrungen und logischen Schlüssen aufzubauen, unterschiedliche Ansätze für weiterwirkende Grundauffassungen der Physik gegeben.

Lebensdaten zu ARISTOTELES

384 v. u. Z.	in Stageira geboren
367 bis 347	Studium und später eigene Lehrtätigkeit an der Akademie Platons in Athen
347 bis 343	Reisen durch verschiedene griechische Stadtstaaten an der Westküste Kleinasien
345	Heirat mit Pythias
343	von König PHILIPP II. von Makedonien als Erzieher seines Sohnes Alexander berufen
334	Rückkehr nach Athen, Gründung des Lykeions und der peripatetischen Schule
323	Tod ALEXANDER DES GROSSEN, ARISTOTELES wird von politischen Gegnern verleumdet und der Gottlosigkeit angeklagt, geht nach Chalkis ins Exil
322	in Chalkis gestorben

Literaturverzeichnis zu ARISTOTELES

- [1] Aristoteles: *Problemata Physica*. Übers. v. H. Flashar, 1. Aufl., Berlin 1962.
- [2] Aristoteles: *Physikvorlesungen*. Übers. v. H. Wagner, 3. unv. durch Nachbem. ergänzte Aufl., Berlin 1979.
- [3] Aristoteles: *Über den Himmel*. Übers. v. P. Moraux, Berlin 1964.
- [4] Aristoteles: *Mechanik*, Übers. v. F. Krafft, 2. Aufl., Berlin 1979.
- [5] Engels, F.: *Antidühring*. MEW, Bd. 20, Dietz Verlag Berlin 1962.
- [6] Lenin, W. I.: Aus dem philosophischen Nachlaß. Philosophie des Aristoteles. In: Lenin Werke, Bd. 38, Dietz Verlag Berlin 1962.
- [7] Marx, K.: *Das Kapital*. Bd. I. MEW, Bd. 23, Dietz Verlag Berlin 1962.
- [8] Wahsner, R.: *Mensch und Kosmos*, Berlin 1978, S. 115 bis 125.
- [9] Seidel, H.: *Von Thales bis Platon*. Berlin 1980.
- [10] Jürss, F. u. Ehlers, D.: *Aristoteles*. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1982.

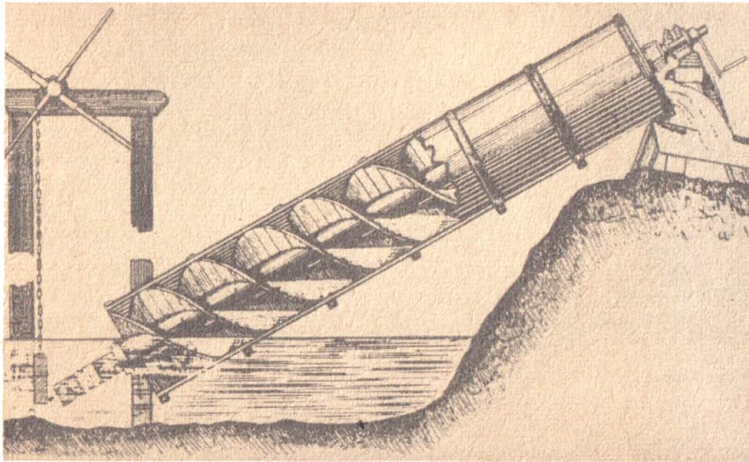


ARCHIMEDES VON SYRAKUS (etwa von 287 bis 212 v. u. Z.)

„Wer die Werke des Archimedes und des Apollonius kennt, wird weniger die Entdeckungen der größten Männer unserer Zeit bewundern“, schrieb LEIBNIZ über das Wirken dieses großen Gelehrten. ARCHIMEDES gehört zu den bedeutenden Mathematikern und Physikern nicht nur der Antike. Schon zu seinen Lebzeiten war er von Ruhm umgeben. Doch hat sich dieser bei den Bürgern von Syrakus und bei den römischen Soldaten nicht so sehr auf ihn als Mathematiker bezogen, sondern mehr auf den genialen Kriegersingenieur, der mit den von ihm erfundenen Mechanismen seine Vaterstadt zwei Jahre lang erfolgreich gegen die römischen Truppen verteidigte. Die antiken Historiker bezeichnen ihn dann erst als Mathematiker, Geometer. Aber alle drücken bei der Erwähnung seines Namens ihre hohe Verehrung für diesen hervorragenden Mann aus.

Als Geburtsjahr des ARCHIMEDES wird das Jahr 287 v. u. Z. angegeben. Seine Vaterstadt Syrakus galt lange als eine vornehme Stadt, die in wirtschaftlicher und kultureller Blüte stand. Durch das aufstrebende Alexandria wurde Syrakus in den Schatten gestellt und war in der Jugend des ARCHIMEDES ein Herd politischer Unruhen. Doch die 50jährige Herrschaft des 265 v. u. Z. gewählten König HIERON II. brachte der Stadt Frieden und eine erneute hohe Blüte. ARCHIMEDES' Vater war ein bekannter Astronom. Die Familie, obgleich offenbar mit HIERON verwandt, war nicht reich, stand aber in einem freundschaftlichen Verhältnis zum Königshaus.

Der Vater von ARCHIMEDES erkannte schon früh die wissenschaftlichen Neigungen seines Sohnes und führte ihn in die Sternenkunde ein. Bald ging ARCHIMEDES auf Reisen und hielt sich wohl längere Zeit in Alexandria auf. Dort, im Museion, studierte er bei den Schülern EUKLIDS. Er befreundete sich mit dem Leiter des Museions, ERATOSTHENES VON KYRENE, einem Universalgenie seiner Zeit, und mit ansässigen Mathematikern. Mit ihnen blieb er ein Leben lang im freundschaftlichen Briefwechsel.



Archi-
medische
Spirale
(Prinzip-
skizze)

Dieser Briefwechsel war ein Meinungsaustausch, ja oft wohl eine wissenschaftliche Herausforderung an die Freunde; denn er sandte ihnen mathematische Sätze ohne Beweis oder gar falsche Sätze, damit sie selbst ihre Kräfte versuchen.

So lauten z. B. die ersten Sätze in seiner Abhandlung über die Schneckenlinie, eine Kurve, die wohl wahrscheinlich noch von KONON gefunden worden ist: „Archimedes grüßt den Desitheus! Die Beweise der an Konon gesandten Lehrsätze, zu deren Abfassung du mich fortwährend aufforderst, hast du größtenteils in dem von Heraklides Dir überbrachten Aufsatz erhalten, einige andere sende ich in gegenwärtiger Schrift. Wenn ich mir längere Zeit nahm, die Beweise dazu herauszugeben, so laß Dich das nicht wundern. Dies geschah nämlich, weil ich sie zuvor denen überlassen wollte, welche in der Mathematik bewandert sind und dergleichen gern selbst aufsuchen... Ich will nun jede derselben einzeln anführen: Denn unter jenen Sätzen befinden sich auch zwei unrichtige (die ich absichtlich hinzugefügt hatte), um eben solche Leute, die da alles zu finden behaupten und doch nie einen Beweis hervorbringen, zu überführen, daß sie auch einmal etwas Unmögliches zu finden verheißen hätten.“ [1; S. 83]

Zurückgekehrt in die Heimat, widmete sich ARCHIMEDES seinen wissenschaftlichen Interessen. Seine mathematischen Forschungen führten ihn auch zu Entdeckungen auf dem Gebiet der Mechanik (Statik und Hydrostatik) und zur Technik. Folgende Schriften von ARCHIMEDES sind bekannt:

Über Kugel und Zylinder

Über die Kreismessung

Über die Konoide und Sphäroide

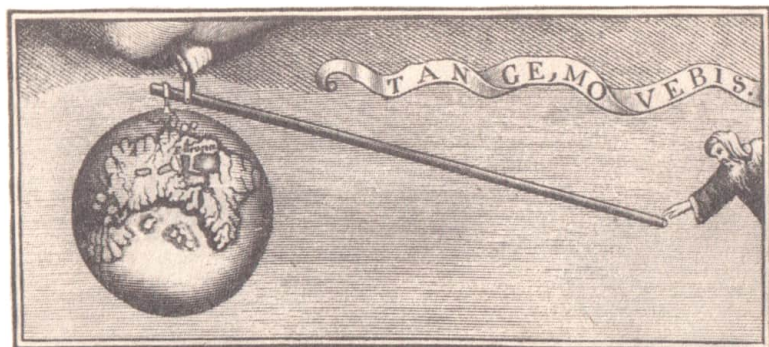
Über Spiralen

Vom Gleichgewicht ebener Flächen oder Schwerpunkte ebener Flächen

Über die Sandzahl

Über die Quadratur der Parabel

Über Schwimmende Körper.



Faß an und Du wirst sie bewegen

Das wesentliche Verdienst ARCHIMEDES' besteht nicht nur in der Entdeckung einzelner Lehrsätze, sondern in der Ausarbeitung führender Ideen und neuer Methoden. ARCHIMEDES schuf die arithmetischen Grundlagen des Rechnens; er arbeitete Methoden zur Bestimmung von Flächen und Rauminhalten sowie von mathematischen Figuren und Körpern aus; er führte den Begriff des Schwerpunktes ein, legte ihn für bestimmte Figuren und Körper fest und schuf die Grundlage zur theoretischen Mechanik (Statik) und Hydrostatik.

ARCHIMEDES verdanken wir Fundamentalsätze dieser Gebiete, er formulierte eine Vorform des Drehmomentsatzes und das Auftriebsgesetz. Er lehrte u. a.: Soll an einem ungleicharmigen Hebel ein Gleichgewicht vorhanden sein, so müssen sich die Gewichte umgekehrt proportional verhalten wie die Längen der Arme, an denen sie hängen.

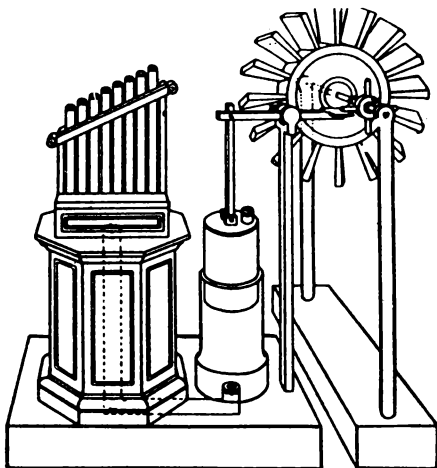
ARCHIMEDES erkannte, daß sich auf diese Weise die größten Lasten bewegen lassen. Daran knüpft sich das ihm zugeschriebene Wort an: „Gebt mir einen Ort außerhalb der Erde, wo ich stehen kann, und ich will die Welt bewegen.“

Die Schwerpunktbestimmung, die er für einige einzelne Fälle lehrte, dehnte er auch auf das Parabelsegment aus, dessen Fläche er mathematisch ermittelt hatte.

Er benutzte auch den Begriff des statischen Momentes, ohne jedoch einen Namen einzuführen.

ARCHIMEDES gilt als der Erfinder vieler mechanischer Geräte, u. a. der Schraube ohne Ende sowie der Wasserschnecke oder Archimedischen Schraube. Er soll auch einen Himmelsglobus, ein durch Wasserkraft sich bewegendes Planetarium, geschaffen haben.

Die mechanischen Schriften des ARCHIMEDES gaben HERON für seine technischen Arbeiten bedeutsame Anstöße. Bei der Behandlung der Tragkraft von Stützen beruft er sich auf ARCHIMEDES und führt für den zweiarmigen Hebel die virtuellen Hebelarme und die statischen Momente ein. HERON behandelt und löst im



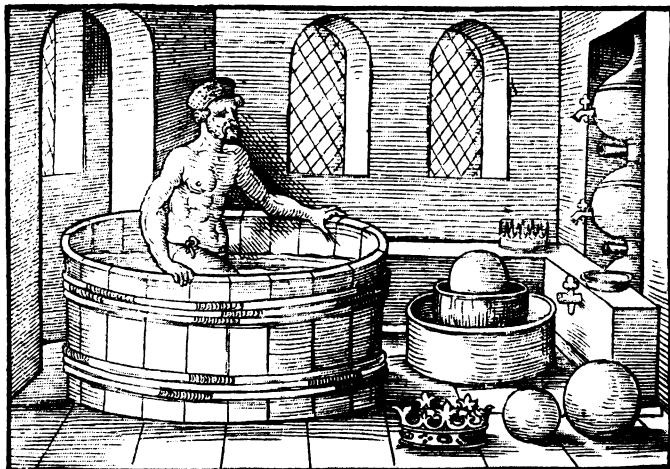
Windorgel von HERON
(Rekonstruktion)

wesentlichen richtig die von ARCHIMEDES gestellte Aufgabe, eine gegebene Last durch eine zu bestimmende Kraft mittels der fünf einfachen „Potenzen“, Hebel, Wellrad, Schraube, Flaschenzug und Keil, in Bewegung zu setzen. Er bespricht den Kran, die Fruchtpresse und als neue Erfindung die Schraubenpresse, wie sie dann bei der Gewinnung von Olivenöl eingesetzt worden ist.

ARCHIMEDES behandelt die Hydrostatik in dem Buch „Über schwimmende Körper“. An den Anfang stellt er die Definition einer Flüssigkeit, aus der er ableitet, daß jede freie Flüssigkeit auf der Erde eine sphärische Oberfläche haben müsse, [2; Satz 2] daß jeder Körper, der leichter als die Flüssigkeit ist, so tief eintaucht, [2; Satz 4] daß die verdrängte Flüssigkeit ebenso viel wiege als er selbst, [2; Satz 6] und daß Körper, die schwerer als die Flüssigkeit sind, um das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit leichter werden. [2; Satz 7] Zur Bestimmung der Dichte ging er von Experimenten aus und setzte als beweisende Methode die Mathematik ein.

Mit Hilfe seiner hydrostatischen Erkenntnisse löste er die Fragen nach der Stabilität schwimmender sphärischer und parabolischer Segmente. Wie antike Geschichtsschreiber berichten, soll er mit Hilfe des Auftriebsgesetzes die Frage gelöst haben, ob ein goldener Kranz des Königs HIERON durch Beimischung von Silber verfälscht worden war.

ARCHIMEDES beschäftigte sich auch mit Fragen der Optik und Akustik und besonders in den letzten Jahren seines Lebens mit grundlegenden Fragen der Kriegstechnik. So konstruierte er u. a. mechanische Vorrichtungen, die während der Verteidigung seiner Vaterstadt eingesetzt wurden. Diese Verteidigungswaffen beruhten auf den Hebelgesetzen (Wurfmaschinen) und dem Einsatz von Enterhaken in Verbindung mit Flaschenzügen. Zwei Jahre lang half er mit Hilfe seiner Maschinen, Syrakus erfolgreich gegen die Römer zu verteidigen. Schließlich gelang es dem römischen Feldherrn MARCELLUS doch, in die Stadt einzudringen. Bei der die Eroberung begleitenden Plünderung kam auch ARCHIMEDES ums Leben.



ARCHIMEDES
im Bade,
eine Darstellung
aus dem
Mittelalter
zur
Kranzlegende

PLUTARCH berichtet darüber:

„Am meisten bekümmerte Marcellus das Schicksal Archimedes'! Dieser saß, in Gedanken versunken, über einer geometrischen Figur, die er aufmerksam betrachtete. Er war so vertieft, daß er das Eindringen der Römer und die Einnahme der Stadt nicht bemerkte. Plötzlich erschien ein Soldat vor ihm und forderte ihn auf, zu Marcellus zu gehen. Aber Archimedes wollte es erst dann tun, wenn er die Aufgabe gelöst und den Beweis erbracht hatte. Da geriet der Soldat in Wut, ergriff sein Schwert und durchbohrte Archimedes.“ [4; S. 23] MARCELLUS soll den Tod des ARCHIMEDES tief bedauert haben.

ARCHIMEDES gab sich leidenschaftlich seinen wissenschaftlichen Neigungen hin. Doch in gleichem Maße wandte er sich auch der Anwendung theoretischer Erkenntnisse zu. In diesem Sinne gehörte er auch zu den frühen Wegbereitern der mathematischen Physik.

Literaturverzeichnis zu ARCHIMEDES VON SYRAKUS

- [1] Archimedes – Archimedes Werke. Deutsch v. Fr. Kliem, Berlin 1914.
- [2] Archimedes: Über schwimmende Körper und die Sandzahl. Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften Nr. 213, Leipzig 1925.
- [3] Heiberg, J.: Ein neues Werk von Archimedes. Brief des Archimedes an Eratosthenes über einige Lehrsätze der Mechanik, mit einem Vorwort von J. J. Timtschenko, Odessa 1909 (russ.); teilweise aufgenommen in Kagan, W. F.: Archimedes. Sein Leben und Werk, Leipzig 1955.
- [4] Plutarch, M.: Langenscheidtsche Bibliothek sämtlicher griechischer und römischer Klassiker, 47. Bd., Berlin/Stuttgart 1855 bis 1885.
- [5] Heron, Werke in 5 Bänden. Übers. u. hrsg. von W. Schmidt/J. Heiberg, Berlin 1898 bis 1905.
- [6] Dyksterhuis, E. J.: Archimedes. Ejnar Munksgaard, Copenhagen 1956.

2. Die Herausbildung der klassischen Physik

Die Vorgeschichte der klassischen Naturwissenschaften reicht bis in die Sklavereigesellschaft zurück. Die weitere Entwicklung im Feudalismus wurde durch territorial sehr unterschiedliche gesellschaftliche Bedingungen geprägt. Erst mit dem partiellen Entstehen frühkapitalistischer Produktionsverhältnisse seit dem 16. Jahrhundert wurde der Boden bereitet für die Herausbildung erster Disziplinen der klassischen Naturwissenschaften im 17. Jahrhundert. Um diesen Prozeß historisch einordnen zu können, sollen zunächst wissenschaftlich wesentliche Vorbereitungsperioden knapp umrissen werden, bevor die Entwicklung physikalischer Teildisziplinen skizziert wird.

Zur Wissenschaft in den Ländern des Islam

Anfang des 7. Jahrhunderts entstand auf der arabischen Halbinsel die Religion des Islam. Es formierte sich ein arabisches Großreich, das sich von den Pyrenäen über Nordafrika und den Vorderen Orient bis nach Zentralasien erstreckte. Ein ausgehnter Handel entlang der Küsten und ein z. T. hochentwickeltes Handwerk verschiedener Volksgruppen begünstigten die Entfaltung von Kultur und Wissenschaften. Man begann auch, nach anfänglicher Ablehnung, sich den Wissensschatz der griechisch-hellenistischen Antike anzueignen. Im 9. Jahrhundert wurde in Bagdad ein „Haus der Weisheit“ eingerichtet, in dem u. a. die Hauptwerke des Ptolemaios ins Arabische übersetzt wurden. Die islamischen Gelehrten, die ihrer Herkunft nach zu den verschiedensten Volksgruppen Asiens und Nordafrikas gehörten, waren durch das Arabische als einheitliche Wissenschaftssprache miteinander verbunden.

Neben bedeutenden Fortschritten in der Mathematik, Astronomie, Medizin und Chemie stehen Leistungen auf physikalischem Gebiet, insbesondere in der Mechanik und Optik, die teilweise bis heute noch nicht vollständig bekannt sind.



Gelehrte
im „Hort der Weisheit“
in Bagdad,
eine Bibliothek
(Gemälde
aus dem
13. Jahrhundert)

Beispielsweise ist auf das Werk von IBN AL-HAYTHAM (latinisiert: ALHAZEN) hinzuweisen, dessen Erkenntnisse über die Ausbreitung des Lichts und die Wirkungsweise von Spiegeln, den Bau des Auges und die Vergrößerung durch Linsen bis ins 16. Jahrhundert die Entwicklung der Optik beeinflussten.

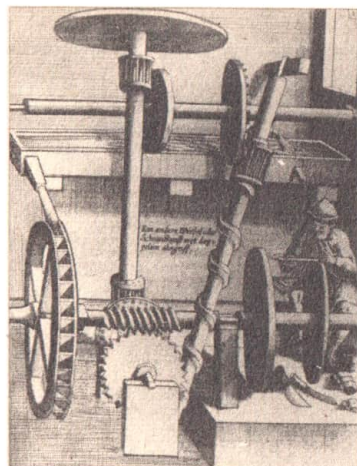
In Spanien war die islamisch-arabische Wissenschaft erst kurz vor dem Einfall christlicher Heere im 11. Jahrhundert zu voller Blüte gelangt. In Toledo (1085 erobert) entstand eine der wichtigsten Übersetzerschulen (vom Arabischen ins Lateinische) für die hier angehäuften Schätze des islamischen und antiken Wissens, das vor allem auf diesem Wege in das mittelalterliche Europa gelangte und dort eine wissenschaftliche Erneuerung mit auslöste.

Nach dem Zerfall des Großreiches blieb der Aufschwung der Wissenschaften in einzelnen lokalen Dynastien noch erhalten, bis endgültig im 15. und 16. Jahrhundert die meisten arabischen Kerngebiete durch die Türken erobert wurden, was zu einer Stagnation der sozialökonomischen und auch wissenschaftlichen Entwicklung führte.

Zur Wissenschaft im feudalen Europa (Scholastik)

Vom 5. bis 11. Jahrhundert bildete sich der europäische Feudalismus heraus, dessen Blütezeit im 12./13. Jahrhundert mit einer langsamen, aber stetigen Vervollkommenung der Produktivkräfte verbunden war. Schon im 8./9. Jahrhundert führten die Erfindung des Räderpfluges sowie die Einführung des Kummets und des Hufeisens zu einem Anstieg der landwirtschaftlichen Produktion. Durch den Bau von Wind- und Wassermühlen wurden neue Energiequellen genutzt.

Aus außereuropäischen Ländern wurden seit dem 12./13. Jahrhundert solche Erfindungen wie die Papierherstellung, das Schießpulver, das Heckruder der Schiffe, der Kompaß übernommen. Im selben Zeitraum wurden Räderuhren, Uhren mit



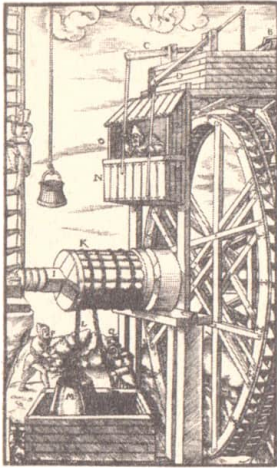
Ein nicht zu realisierendes Ziel
der mechanischen Kunst:
perpetuum mobile,
eine Ausführung mit angeschlossener
Schleifscheibe aus dem Jahre 1629

mechanischer Hemmung noch ohne Pendelregulierung, konstruiert und erste Brillen mit Glaslinsen angefertigt. Diese Erfindungen brachten eine Spezialisierung im Handwerk mit sich. Die erhöhte Präzision und Mannigfaltigkeit der handwerklichen Produkte wirkten auf Erweiterung physikalischer Kenntnisse anregend.

Die Scholastik, die offizielle Wissenschaft im Feudalismus, nahm von dieser Entwicklung kaum Notiz. Im 10. Jahrhundert erkannte die Kirche, daß für ihre religiösen und weltlichen Ansprüche eine wissenschaftliche Bildung und damit eine Einpassung der griechischen und islamischen Wissenschaft in das christliche Dogma von Vorteil sei. So wurden in den Bildungsgang der ab dem 12. Jahrhundert gegründeten Universitäten (Paris 1160) auch Elemente mathematisch-naturwissenschaftlichen Wissens aufgenommen. Die Wissenschaft war jedoch die „Magd der Theologie“.

Die physikalischen Fortschritte, an die man im Frühkapitalismus anknüpfen konnte, lagen vor allem auf dem Gebiet der Bewegungslehre. In der schon im 6. Jahrhundert und dann insbesondere von dem in Paris lebenden Scholastiker BURIDAN im 14. Jahrhundert verfochtenen und weiterverbreiteten Impetuslehre wurde im Gegensatz zu der Auffassung des ARISTOTELES' angenommen, daß einem geworfenen Körper ein Impetus (Anstoß) mitgegeben werden könne. Das war ein erster Schritt auf dem Wege zum Trägheitsprinzip und zum Impulserhaltungssatz.

Zusammen mit einigen über die Antike hinausgehenden Beiträgen zur mechanischen Statik und durch die Weiterentwicklung der Mathematik lagen in der Scholastik auch einige theoretische Ansätze für die Erweiterung des physikalischen Wissens vor, aber nicht mehr.



Wasserrad
als Antriebsmaschine
für Seilaufzüge
im Bergwerk,
nach AGRICOLAS Werk
„De re metallica“ (1530)

LEONARDO DA VINCI
(Selbstbildnis)

Zur Entwicklung der Physik im Frühkapitalismus

Die Epoche des Verfalls der Feudalismus, der Entstehung und Entwicklung des Manufakturkapitalismus und der ersten bürgerlichen Revolution ist verknüpft mit einer revolutionären Periode der Naturwissenschaften. Mit der bereits erwähnten Entwicklung neuer Produktivkräfte im Schoß des Feudalismus erfuhren die Produktionsverhältnisse in wesentlichen Produktionszweigen tiefgreifende Umgestaltung. Mit der Stärkung und Ausbreitung des Handels, der Durchsetzung der Geldwirtschaft wuchs im wesentlichen aus dem zunftmäßig organisierten Handwerk die Manufaktur hervor, in der jeder einzelne Handwerker nur noch bestimmte Teiloperationen ausführte, die Arbeitsteilung immer mehr fortschritt. Als Eigentümer der Produktionsmittel formierte sich eine neue Klasse, das Bürgertum, das die ersten „freien Lohnarbeiter“, die keine Produktionsmittel mehr besaßen, ausbeutete.

Das Interesse des Bürgertums an einer praktischen Zwecken dienlichen Wissenschaft richtete sich zunächst im 16. Jahrhundert auf eine vollständige Aneignung von Kultur und Wissenschaft der Antike. Das Bemühen um die Wiederbelebung der Antike (Renaissance) strahlte auf alle Lebensbereiche aus; es kennzeichnete den Übergang zur neuen Gesellschaftsordnung.

Beispielsweise erhielten die Naturwissenschaften aus der vollständigen Rezeption der Werke des ARCHIMEDES neue Impulse. Vielseitige Naturforscher und Künstler wie LEONARDO DA VINCI wandten sich praktischen Projekten zu, deren technische Realisation mitunter erst Jahrhunderte später möglich wurde. Die Erfindung des Buchdrucks begünstigte die Verbreitung des Wissens und führte zu ersten gedruckten Darstellungen über Produktionszweige, „der wissenschaftlich-literarischen Entdeckung der Produktion“ [2].

Mit dem Erstarken des Frühkapitalismus im 17. Jahrhundert erwuchs auf diese Weise auch der Wissenschaft eine neue Zielsetzung, die der gewandelten Anschauung vom Nutzen der Wissenschaft entsprach: Von der Produktion aufgeworfene

Probleme wurden von Praktikern aufgegriffen und wissenschaftlich aufbereitet. Sie wurden dann von Vertretern der offiziellen Wissenschaft nicht mehr negiert, sondern systematisch bearbeitet und theoretisch durchdrungen. Diese Zusammenführung von Theorie und Praxis mündete in der Herausbildung erster eigenständiger Teildisziplinen der klassischen Naturwissenschaften.

In der Physik wird dieser Prozeß insbesondere durch die Entstehung der klassischen Mechanik verdeutlicht.

Das zielgerichtete Experiment erhielt eine zentrale Stellung im Erkenntnisprozeß der Naturwissenschaften, und – besonders in der Physik – wurde die mathematische Formulierung der Zusammenhänge und Resultate angestrebt. Philosophisch gesehen, gewann dadurch eine im Grunde materialistische Einstellung der Naturforscher an Boden. Der hier nur angedeutete Wandel im Wissenschaftsverständnis wird deshalb als die wissenschaftliche Revolution im 17. Jahrhundert bezeichnet.

Speziell für die Zeit der Renaissance hat ENGELS die gegenseitige Verflechtung von sozialer frühbürgerlicher und wissenschaftlicher Revolution wie folgt charakterisiert:

„Es war die größte progressive Umwälzung, die die Menschheit bis dahin erlebt hatte, eine Zeit, die Riesen brauchte und Riesen zeugte, Riesen an Denkkraft, Leidenschaft und Charakter, an Vielseitigkeit und Gelehrsamkeit. Die Männer, die die moderne Herrschaft der Bourgeoisie begründeten, waren alles, nur nicht bürgerlich beschränkt... Auch die Naturforschung bewegte sich damals mitten in der allgemeinen Revolution und war selbst durch und durch revolutionär; hatte sie doch das Recht der Existenz zu erkämpfen.“ [2; S. 312/313]

Zur Herausbildung des heliozentrischen Weltbildes

Handelsinteressen Spaniens und Portugals sowie der Kampf gegen den Herrschaftsbereich des Islam leiteten die großen geographischen Entdeckungen des 15. und 16. Jahrhunderts ein.

Die damit aufkommende Hochseeschifffahrt brachte neue Anforderungen an die Kartographie und Astronomie mit sich. Die Schaffung des ersten Erdglobus (BEHAIM 1492), die Einführung der Merkatorprojektion in der Kartographie, die Verbesserung der Ephemeriden (Tafeln der Planetenstellungen), die Bemühungen um eine Kalenderreform richteten die Aufmerksamkeit der Gelehrten auch auf die teilweise Unzulänglichkeit und Kompliziertheit des geozentrischen Weltsystems.

Die revolutionäre Tat des polnischen Astronomen COPERNICUS bestand im wesentlichen darin, daß er für die Selbständigkeit der Naturwissenschaft gegenüber religiösen und scholastischen Anschauungen ein deutliches Zeichen setzte, das ENGELS sehr zutreffend beurteilte:

„Der revolutionäre Akt, wodurch die Naturforschung ihre Unabhängigkeit erklärte und die Bullenverbrennung LUTHERS gleichsam wiederholte, war die Herausgabe des unsterblichen Werkes, womit COPERNICUS, schüchtern zwar und sozusagen erst auf dem Totenbett, der kirchlichen Autorität in natürlichen Dingen den Fehde-

handschuh hinwarf. Von da an datiert die Emanzipation der Naturforschung von der Theologie.“ [2; S. 313]

Die ersten Angriffe auf das heliozentrische Weltbild, gewertet als eine Widerlegung der Bibel, kamen aus dem Lager der Reformation, während sich die katholische Kirche noch abwartend verhielt. Dagegen stimmten führende Naturwissenschaftler wie STEVIN mit COPERNICUS überein.

Um die Überlegenheit des neuen Weltbildes zu beweisen, waren jedoch mehr und genauere Beobachtungsdaten notwendig.

Umfangreiches Beobachtungsmaterial mit neuen Instrumenten und Verfahren gewann der dänische Astronom und vermögende Edelmann TYCHO BRAHE, der einen Teil seiner Unterlagen seinem Assistenten KEPLER hinterließ. KEPLER entwickelte daraus die nach ihm benannten drei Gesetze der Planetenbewegungen. Er brach mit dem aus der Antike übernommenen scholastischen Dogma der „vollkommenen“ Bewegung der Himmelskörper auf Kreisbahnen mit konstanter Geschwindigkeit und ging noch einen Schritt weiter: Er verwarf die Ansicht, daß himmlische Intelligenzen (Engel) die Himmelskörper führen, und setzte dafür eine magnetische Kraft, durch die die mit einer Trägheit ausgestatteten Himmelskörper in ihrer Bahn gehalten werden. Hier lag also ein realer Ansatzpunkt für eine mechanische Erklärung der Bewegung der Gestirne vor.

Inzwischen war das neue Weltbild für die katholische Kirche zum ideologischen Problem geworden. Der Philosoph BRUNO lehrte, daß die Welt ewig und unendlich sei und daß die Fixsterne Sonnen seien wie die unsrige. Die Fixsternsphäre als Sitz Gottes wurde ihrer besonderen himmlischen Stellung entkleidet. Erde und Himmel waren beide Bestandteile des Universums. Im Jahre 1600 wurde BRUNO von der Inquisition in Rom öffentlich verbrannt. Doch schon 1610 brachten die mit einem selbstgebauten Fernrohr erzielten Erkenntnisse GALILEIS neue Beweise für das heliozentrische Weltbild. Nach der Veröffentlichung seines Werkes über die beiden Weltsysteme wurde GALILEI 1633 gezwungen, der copernicanischen Lehre abzuschwören.

Der Gegensatz zwischen christlicher Ideologie und wissenschaftlicher Erkenntnis war unüberbrückbar geworden. Der Kampf um das neue Weltbild gab ein Signal, eine von religiösen Dogmen unabhängige Wissenschaft aufzubauen.

Die Entstehung der klassischen Mechanik

Die klassische Mechanik ist die erste Teildisziplin der Physik, die sich als geschlossenes Wissenschaftssystem herausbildete. Mechanische Gesetzmäßigkeiten – insbesondere der Statik – wurden schon in der Sklavereigesellschaft gefunden, aber erst mit der Entwicklung der Produktivkräfte und der frühkapitalistischen Produktionsweise reifte die gesellschaftliche wie wissenschaftsbildende Situation, aus der über viele Stufen NEWTONS Werk hervorging.

Grob umrissen ist es möglich, drei Hauptwurzeln für die Ausbildung der klassischen Mechanik anzugeben:



Pumpensystem zur Bergwerkentwässerung,
nach AGRICOLAS Werk „De re metallica“

Die erste lag in dem aufkommenden und sich verstärkenden Bewußtsein, bestimmte mit Hilfe der Erfahrung konstruierte und gemeisterte Produktionsmittel wissenschaftlich durchdringen zu müssen, sie nicht mehr als Mechanismen zu betrachten, mit denen man die Natur überlisten könne. In diesem Sinne kann man von der Herausbildung der Mechanik aus der Produktion sprechen.

Vorläufer der Ingenieure, die man in Italien Artefici oder Virtuosi nannte (u. a. Büchsenmeister, Instrumentenmacher, Baumeister), nahmen sich der wissenschaftlichen Fragen an, die bestimmte Produktionszweige aufwarfen. Die sich daraus ergebende Problemstellung orientierte theoretisch besser vorgebildete Gelehrte in ihrer wissenschaftlichen Zielstellung. Insbesondere die Probleme bei der Ermittlung der Geschoßbahnen und der Schußweite von Geschützen waren Stimuli für die Herausbildung der physikalischen Dynamik.

Die zweite ergab sich aus der durch das heliozentrische Weltbild und KEPLERS Gesetze initiierten Möglichkeit, die Bewegung der Himmelskörper mit mechanischen Gesetzen zu erfassen, die Trennung zwischen „himmlischer“ und „irdischer“ Bewegung aufzuheben.

Die dritte war gewissermaßen wissenschaftsinterner Natur. Die verstärkte Auseinandersetzung mit der antiken Naturwissenschaft, zuerst im Rahmen der Scholastik, führte, besonders in der Mathematik, zu Weiterentwicklungen, legte aber auch Widersprüche bloß, so daß neue Ansätze herausgefordert oder auch bisher vernachlässigte Auffassungen antiker Gelehrter (ARCHIMEDES, DEMOKRIT) aufgenommen wurden.

Auf diesem Wege zur klassischen Mechanik ist GALILEI die Zentralgestalt. GALILEI, ein Kenner der neuen Produktionsmittel und der weiterentwickelten antiken Auffassungen und Methoden, nahm die Forderungen der Zeit auf. So ging aus dem Zusammentreffen des durch die Gesellschaftsformation hervorgerufenen Interesses an der Praxis mit der bislang praxisfernen Theorie GALILEIS Entdeckung der Bewegungsgesetze hervor. Auf diese Weise erhielt das Experiment als zielgerichtete



Richten der Geschütze,
ein mechanisches Problem

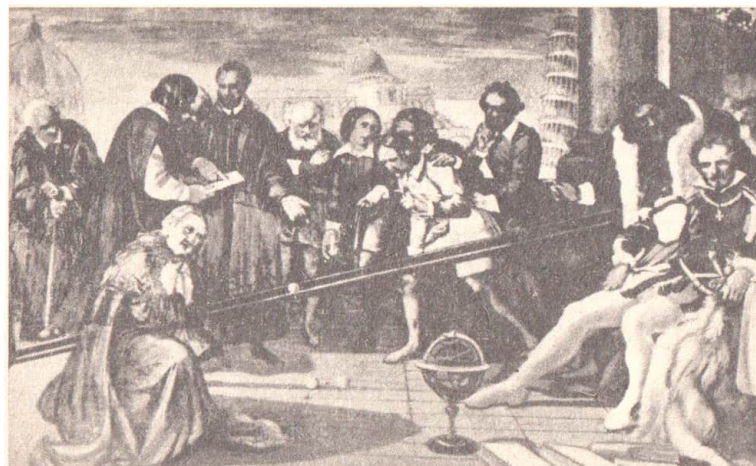
Frage an die Natur eine zentrale Stellung im Erkenntnisprozeß. Die Physik entwickelte sich von diesem Zeitpunkt an zu einer Experimentalwissenschaft.

GALILEIS Ansätze zum Trägheitsgesetz wurden von HUYGENS präzisiert, der auch, angeregt durch das für die Hochseeschifffahrt wesentliche Problem der genaueren Zeitmessung (Pendelgesetze), erstmals eine Formel für die Zentralbeschleunigung ableitete.

Die Fortschritte in der irdischen Mechanik bereiteten die Vereinigung von „irdischer“ und „himmlischer“ Mechanik vor. Die erste mechanische Grundlegung des gesamten Universums stammt von DESCARTES, in dessen Wirbeltheorie alle Wirkungen durch eine das Weltall lückenlos ausfüllende Substanz übertragen werden. Als Erhaltungsprinzip formulierte er dazu den noch betragsmäßig ausgedrückten Impulssatz und regte an, die Stoßgesetze weiter auszuarbeiten und über physikalische Erhaltungsgrößen nachzudenken – eine Anregung, die von HUYGENS (elastischer Stoß) und später von LEIBNIZ (Erhaltung der kinetischen Energie) aufgegriffen wurde.

Der Durchbruch zur mechanischen Gravitationstheorie erfolgte auf einem anderen Wege. Der lang anhaltende Streit zwischen Plenisten, den Verfechtern einer lückenlosen Raumerfüllung, und Vacuisten erfuhr nach TORRICELLIS Entdeckung des Luftdrucks und durch die berühmten Vakuumversuche GUERICQUES um 1650 eine endgültige Lösung. Indem er nachwies, daß das Vakuum eine physikalische Realität ist, und daraufhin das Prinzip der unvermittelten Fernwirkung einführte, förderte GUERICKE die neue copernicanische Astronomie und auch die fast vergessene antike Atomenlehre, die, von GASSENDI wiederbelebt, nunmehr unter der Annahme von Mikrovakua zwischen den Atomen gegenüber der aristotelischen Kontinuumsauffassung das Übergewicht erhielt.

Diese Anregungen aufnehmend und die Arbeiten seiner Vorläufer nutzend, schuf schließlich NEWTON 1686 das wissenschaftliche System der klassischen Mechanik (3 Newtonsche Axiome) und darauf aufbauend die moderne Gravitations-



GALILEI
Experiment
mit der
geneigten Ebene

theorie. Er schloß damit die fast zweihundertjährige Herausbildungsphase ab und gab für die Entwicklung der Physik bis zum Ende des 19. Jahrhunderts die Richtung an.

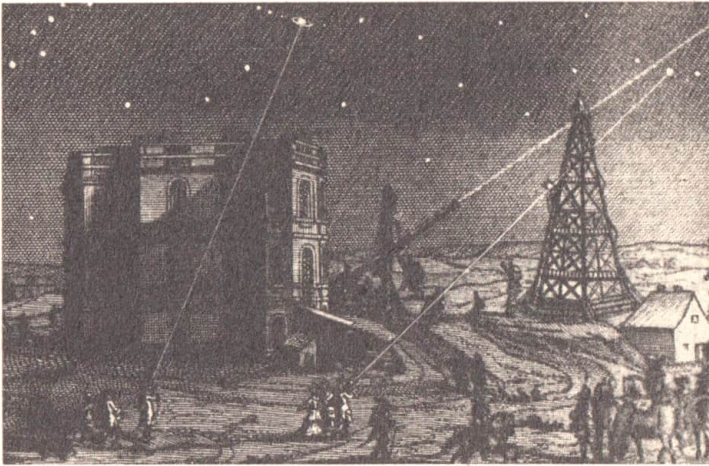
Zur Entwicklung der Optik

Die Entstehung der Optik als wissenschaftliches System hat ebenfalls ihren Ursprung in gesellschaftlichen Umständen des Frühkapitalismus. Die empirische Erfindung von Lupe, Mikroskop und Fernrohr durch holländische Brillenmacher an der Wende zum 17. Jahrhundert richtete die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf die Lehre vom Licht. Sie nutzten die neue Experimentalwissenschaft, um die Ergebnisse der Untersuchungen in Naturgesetzen möglichst mathematisch zu fassen.

Damit wurde ein Aufschwung in der Astronomie (Konstruktion großer Himmelsfernrohre) und der Biologie (Entdeckung zahlreicher Mikroorganismen durch LEEUWENHOEK) eingeleitet.

Erste Aussagen GALILEIS und KEPLERS (Konstruktion des Strahlenganges) zum Fernrohr enthielten Ansätze zur geometrischen Optik. Folgerichtig wurde 1621 von SNELLIUS das Brechungsgesetz gefunden, das DESCARTES in die Form des Sinusgesetzes brachte. Dieser Anfang leitete zu neuen Fragestellungen über die Größe der Lichtgeschwindigkeit, Art der Farbenentstehung und schließlich über das Wesen des Lichts hin, die in den Aufbau einer physikalischen Optik einmündeten.

Während Astronomen wie CASSINI noch eine zeitlose Ausbreitung des Lichts für möglich hielten, traten GALILEI, HUYGENS, FERMAT u. a. für eine endliche Lichtgeschwindigkeit ein, deren Betrag 1676 der in Paris lebende dänische Astronom RÖMER aus der Zeitdifferenz der Verfinsterung der Jupitermonde erstmals annähernd bestimmte. Allerdings blieb die Frage, ob die Lichtgeschwindigkeit im optisch



Pariser
astronomisches
Observatorium
mit
Luftfernrohren

dichteren Medium kleiner sei als im dünneren, bis zu den Versuchen von FOUCAULT und FIZEAU um 1850 ungeklärt.

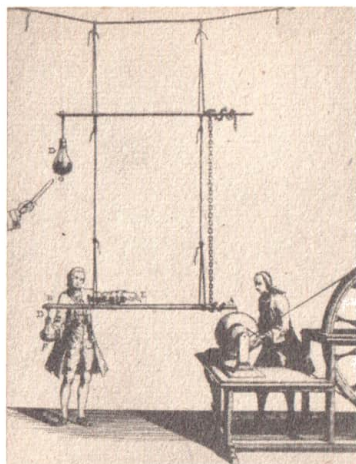
Das Problem der Farbenentstehung, belastet durch die aristotelische Ansicht, daß Farben aus einer Mischung von Licht und Dunkelheit entstehen, war schon durch Prismenversuche von MARCI (1648) und eine erste Deutung von Beugungserscheinungen von GRIMALDI aufgegriffen worden.

Eine grundlegende Klärung der Dispersion bei der Brechung des Lichtes führte 1672 NEWTON herbei, der auch eine erste Erklärung für die Farberscheinungen der Newtonschen Ringe gab. Dagegen blieben die farbigen Beugungseffekte noch weitgehend ungeklärt.

Das Licht war durch die Auffindung der grundlegenden Zusammenhänge etwas Reales, physikalisch Bestimmbares geworden. Das forderte Hypothesen über das Wesen des Lichts heraus. NEWTONS im Anschluß an die Gravitation, aber nur in Umrissen, vorgelegte Korpuskulartheorie des Lichts blieb bis zum Ende des 18. Jahrhunderts als eine anscheinend gut abgesicherte Teilchentheorie vorherrschend. Demgegenüber schien die geometrische Stoßwellentheorie von HUYGENS, der noch Begriffe wie Frequenz und Wellenlänge fremd waren, nur zur Erklärung der Reflexion und Brechung geeignet. Sie wurde im 18. Jahrhundert – außer von EULER – als Kuriosum betrachtet und erst am Anfang des 19. Jahrhunderts wiederbelebt.

Fortschritte in der Elektrizitäts- und Wärmelehre

Wenngleich Elektrizitäts- und Wärmelehre bis ins 18. Jahrhundert noch in den Kinderschuhen steckten, so wurden die Fortschritte auch auf diesem Gebiet durch die neue Denkweise und die Nutzung des Experiments als Forschungsmethode geprägt.

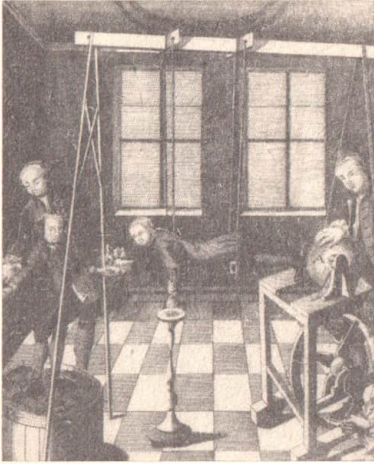


Elektrisches Experiment
von MUSSCHENBROECK zur Erfindung
der Leidener Flasche

In dem 1600 erschienenen Werk „De Magnete“ überwand der englische Arzt GILBERT die mittelalterlichen mystischen Vorstellungen über den Magnetismus, demonstrierte mit einem kugelförmigen Magneteisenstein die Wirkungen des Erdmagnetismus, unterschied erstmals klar zwischen magnetischen und elektrischen Erscheinungen und führte für die letzteren die Bezeichnung Elektrizität ein (abgeleitet aus dem Griechischen: Elektron: Bernstein). GUERICKE baute eine der ersten aus einer Schwefelkugel bestehende Elektrisiermaschine und der Engländer GRAY unterschied 1719 zwischen Leitern und Nichtleitern. 1730 fand der Franzose DUFAY die Anziehung und Abstoßung elektrisierter Körper, so daß er auf die Existenz zweier Arten von Elektrizität schloß. Der Kondensator, die „Leidener Flasche“, wurde unabhängig voneinander 1745/46 von dem holländischen Physiker MUSSCHENBROECK und dem deutschen Geistlichen KLEIST erfunden. Mannigfaltige Formen von Elektrisiermaschinen wurden konstruiert. Dabei wurde die elektrostatische Influenz gefunden (u. a. durch WILCKE und AEPINIUS). Die Elektrizität war zum wissenschaftlichen Untersuchungsgegenstand geworden, spielte aber auch eine Rolle für Belustigungen mit überraschenden Effekten.

Die ersten Ansichten über das Wesen der Elektrizität stammen von dem nordamerikanischen Gelehrten und fortschrittlichen Politiker FRANKLIN, der die beiden Arten der Elektrizität als einen Überschuß oder Mangel eines überall verbreiteten elektrischen Fluidums ansah. FRANKLIN erkannte auch den Blitz als elektrische Erscheinung und führte den Blitzableiter ein. Doch setzte sich vorerst die 1759 vorgebrachte Ansicht des Engländers SYMMER durch, daß es zwei verschiedene Arten elektrischer „Materie“ gebe. Mit den Untersuchungen COULOMBS über die Gesetze der elektrischen und magnetischen Kraft bahnte sich um 1790 die wissenschaftliche Periode der Elektrizitätslehre an.

Die experimentelle Erforschung des Wärmeproblems ging von der Erfindung des Thermometers durch GALILEI, GUERICKE und anonyme Forscher der Florentiner Accademia del Cimento aus. Im 17. und 18. Jahrhundert war man bemüht, eine ge-



Elektrisierung eines Knaben
mit der Elektrisiermaschine,
ein beliebtes Experiment
im 18. Jahrhundert

eignete Temperaturskale und entsprechende Fixpunkte zu finden (FAHRENHEIT, CELSIUS, REAUMUR).

Mischungsversuche der Petersburger Naturforscher RICHMANN und KRAFFT führten schließlich um 1760 zur klaren Unterscheidung zwischen den Begriffen Wärmemenge und Temperatur. Der schottische Chemiker BLACK entdeckte die von ihm als „latente Wärme“ bezeichnete Umwandlungswärme. Darauf baute die Vorstellung auf, Wärme als einen besonderen Stoff „Caloric“ zu betrachten, der aber schon damals die u. a. von LOMONOSSOW und D. BERNOULLI vertretene Ansicht entgegenstand, daß Wärme durch die Bewegung der Körperteilchen zu erklären sei.

Elektrizitäts- und Wärmelehre hatten bis zum Ende des 18. Jahrhunderts im allgemeinen Aufschwung der Naturwissenschaften eine erste Ausprägung erfahren. Ihre Ausbildung zu einem umfassenden wissenschaftlichen System sollte jedoch dem 19. Jahrhundert vorbehalten bleiben.

Literaturverzeichnis zur Herausbildung der klassischen Physik

- [1] Harig, G.: Über die Entstehung der klassischen Naturwissenschaften in Europa. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“ Berlin 6 (1958), S. 419 bis 450.
- [2] Engels, F.: Dialektik der Natur. In: MEW, Bd. 20, Dietz Verlag, Berlin 1962.

JOHANNES KEPLER (1571 bis 1630)

Mit der Aufstellung der drei nach ihm benannten Gesetze der Planetenbewegung hat JOHANNES KEPLER nicht nur die von NICOLAUS COPERNICUS (1473 bis 1543) eingeleitete Revolutionierung des Weltbildes auf eine neue Stufe gehoben, indem er die von COPERNICUS auf neue Weise beschriebenen astronomischen Erscheinungen



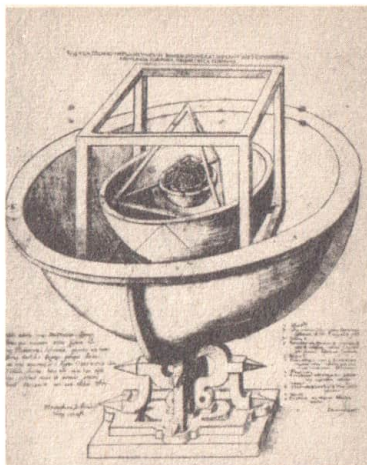
NICOLAUS COPERNICUS

auch in eine quantitativ begründbare Beschreibungsform brachte, d. h. von der kinematischen Beschreibung der Planetenbewegung zu ihrer dynamischen Erklärung überleitete und damit die moderne Astronomie eigentlich begründete. Zugleich leistete er damit auch einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der Mathematik und Mechanik. Nehmen wir seine weiteren Arbeiten zur Optik und Kristallographie hinzu, so können wir ihn mit Recht als einen der hervorragendsten Naturforscher am Beginn der Entwicklungsepoche der modernen Naturwissenschaft bezeichnen. Weltanschaulich durchaus von den protestantisch-theologischen und neoplatonischen Vorstellungen seiner Zeit geprägt, die in seiner Suche nach der „Weltharmonie“ in den Naturgesetzen ihren Ausdruck finden, geht er in seiner naturwissenschaftlichen Konsequenz teilweise sogar über seinen großen Zeitgenossen GALILEI hinaus.

JOHANNES KEPLER wurde am 27. Dezember 1571 in der kleinen Freien Reichsstadt Weil, der Stadt im Württembergischen geboren. Sein Vater war ein unsteter Mensch, der sich immer wieder als Landsknecht verdingte. Die Erziehung des kränklichen jungen KEPLER sowie weiterer z. T. früh verstorbener Geschwister lag bei der Mutter sowie den Großeltern.

Zeitweilig hatten die Eltern ein Haus in dem in der Nähe liegenden Städtchen Leonberg; hier erhielt Johannes 1577 seinen ersten Lese- und Schreibunterricht. Seine schwächliche Konstitution ließ ihn für Land- oder Handwerksarbeit untauglich erscheinen, und so wurde er zum Theologiestudium bestimmt. Nachdem er 1583 das sogenannte „Landexamen“ bestanden hatte, konnte er 1584 die Klosterschule Adelberg und ab 1586 die höhere Klosterschule zu Maulbronn besuchen. Im September 1589 schließlich begann er an der Universität Tübingen ein Theologiestudium; seine guten Leistungen an der Klosterschule hatten ihm sogar Stipendien des württembergischen Herzogs und seiner Heimatstadt eingebracht.

Württemberg war protestantisch, und in Tübingen wurde lutherische Theologie gelehrt, allerdings in sehr orthodoxer Weise. Zweifellos war KEPLER zeit seines Le-



JOHANNES KEPLER

Zeichnung
des
Weltgeheimnis-
Modells
nach
KEPLERS
„Mysterium
Cosmo-
graphicum“

bens ein religiöser Mensch, aber er war niemals bereit, seine Überzeugungen theologischen Zwängen unterzuordnen. Das erkannten auch seine Lehrer bald. So empfahl man den jungen Magister noch vor Abschluß des Theologieexamens nicht ungern als Mathematiklehrer nach Graz. Der Mathematik und Astronomie hatte KEPLER während seines Studiums besonderes Interesse entgegengebracht, gefördert von dem für diese Fächer in Tübingen zuständigen Professor MAESTLIN. MAESTLIN vertrat zwar den offiziellen Festlegungen gemäß das Ptolemäische Weltsystem, machte seine begabteren Schüler aber auch mit der umstrittenen copernicanischen Lehre vertraut. KEPLER war von den Vorstellungen des COPERNICUS begeistert.

Im April 1594 trat KEPLER in die in der protestantischen Steiermark gelegenen Graz an der Stifts- und Landschaftsschule („Landschaft“ bedeutete Landesregierung) sein Amt als „Matematiker und Calendermacher“ an. Die Berechnung und Herausgabe von Kalendern war damals eine wichtige Aufgabe: Neben dem Kalendarium enthielten sie Informationen und Voraussagen über Wetter, Ernteaussichten, politische Ereignisse usw. sowie auch astrologische Prophezeiungen – damit waren sie in jener Zeit ein nicht zu unterschätzender Faktor für die Meinungsbildung der Bevölkerung.

Für KEPLER war das Kalendermachen – auch in späteren Jahren – eine willkommene Nebeneinnahme. Zugleich sah er darin eine Möglichkeit, seine Naturauffassungen breiteren Kreisen darzulegen. Und wenn er auch die Astrologie als „narrisches Töchterlein“ der Astronomie erkannte, so sah er doch ihre Berechtigung mindestens in dem Sinne, „...daß die Mutter gewißlich Hunger leiden müßte, wenn die Tochter nichts erwürbe“. Dabei verhalten ihm seine astronomischen Kenntnisse und seine politische Klarsicht dazu, daß seine Horoskope häufig recht zutreffend waren – soweit man Horoskope überhaupt einschätzen kann.

KEPLER war kein Gegner der Astrologie und glaubte durchaus an einen Einfluß der Gestirne auf den Menschen. Das muß aus religiösen und philosophischen Anschauungen jener Zeit, die auch ihn prägten, verstanden werden. KEPLERS astrologi-

sche Vorstellungen waren dabei durchaus neu, von seinen astronomischen Kenntnissen geprägt. Der Mensch war für ihn Teil des Kosmos als zwangsläufige Folge der copernicanischen Versetzung der Erde von ihrer Zentralposition. Diesen Zusammenhang versuchte er in einer vom Platonismus beeinflussten kosmischen Harmonie widerzuspiegeln, die sich als heuristische Idee durch sein Schaffen zieht.

Erstmals taucht diese Idee von der „Weltharmonie“ in seinem 1596 veröffentlichten Werk „Mysterium cosmographicum“ auf, einer Art geometrischer Konstruktion dieser Weltharmonie. Ausgangspunkt ist das copernicanische System mit den damals bekannten Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn auf Kreisbahnen bzw. Kugelsphären, denen er genial die fünf platonischen Körper (Würfel, Tetraeder, Oktaeder, Dodekaeder, Ikosaeder) einbeschrieb. Damit erschien der göttliche Bauplan des Universums enthüllt. Das Werk machte KEPLER bekannt; auch GALILEI schrieb ihm zustimmend ob seines Eintretens für COPERNICUS.

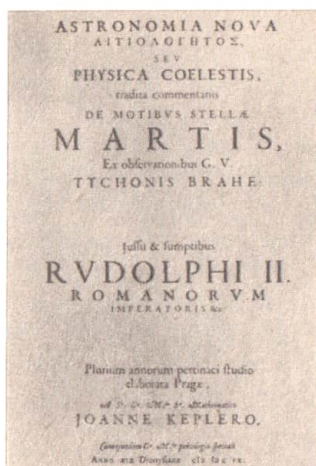
Im April 1597 heiratete KEPLER die verwitwete Tochter eines reichen Mühlenbesitzers. Sonderlich glücklich wurde diese Ehe nicht. Von den fünf Kindern verstarben drei sehr früh; die Frau brachte der Arbeit ihres Mannes wenig Verständnis entgegen.

1598 wurde die Steiermark im Zuge der Gegenreformation wieder katholisch, und die Protestanten mußten das Land verlassen. Gern wäre KEPLER nach Tübingen gegangen, aber auch die dortigen Lutheraner wollten wegen theologischer Abweichungen mit dem Propagandisten der copernicanischen Lehre nichts zu tun haben. Auf der Suche nach einer neuen Stelle bot ihm der berühmte dänische Astronom TYCHO BRAHE an, bei ihm als Assistent zu arbeiten. BRAHE war gerade in den Dienst Kaiser RUDOLPHS II. in Prag getreten und kannte KEPLERS Buch. BRAHE kritisierte zwar die spekulative Methode KEPLERS, erkannte aber dessen theoretische Fähigkeiten, die ihm selbst und seinen bisherigen Gehilfen fehlten.

Im Jahre 1600 übersiedelte KEPLER mit seiner Familie nach Prag, und eine seiner schöpferischsten Perioden begann.

BRAHE hatte eine umfangreiche Sammlung von Daten über Planetenstellungen angelegt; KEPLER selbst war wegen eines Augenfehlers an eigenen astronomischen Beobachtungen stark behindert. Die Zusammenarbeit mit dem eigenwilligen BRAHE war recht problematisch. Als BRAHE aber bereits 1601 starb, wurde KEPLER sein Nachfolger als kaiserlicher Mathematiker. So stand ihm – abgesehen von sich hinziehenden Streitigkeiten mit den Erben BRAHES – dessen Beobachtungsmaterial zur Verfügung.

Auf Anregung BRAHES hatte KEPLER begonnen, die Marsbahn zu berechnen. Er ging vom copernicanischen System mit der Sonne im Zentrum des Planetensystems aus. COPERNICUS hatte seine Theorie in seinem Buch „De revolutionibus...“ (Über die Umdrehungen der Himmelsbahnen), das in seinem Todesjahr 1543 erschien, niedergelegt. Grundlage seiner Beschreibung sind aber wie beim Ptolemäischen System die „göttlichen“ Kreisbahnen, auf denen sich die Planeten bewegen. Allerdings steht die Sonne nicht genau im Mittelpunkt dieser Kreisbahnen. Da auch COPERNICUS für die Beschreibung der einzelnen Planetenbahnen die Epizyk-



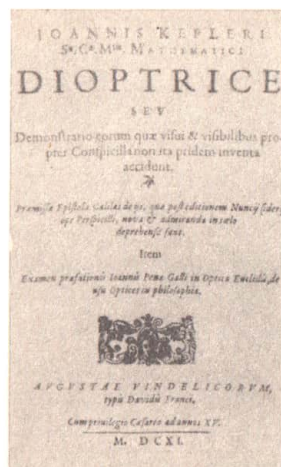
TYCHO BRAHE

Titelblatt
der Erstausgabe
von KEPLERs
„Astronomia
nova“ 1609

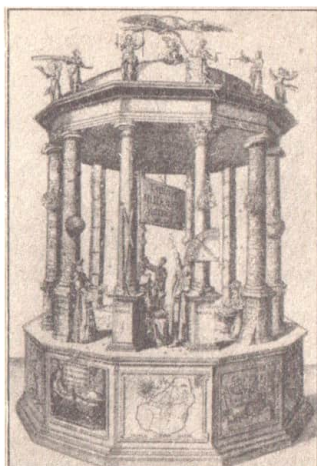
len zu Hilfe nehmen mußte, hatte sich eine Vereinfachung gegenüber dem Ptolemäischen System nicht ergeben.

Mit der Marsbahn hatte KEPLER sozusagen Glück! Nach umfangreichen Rechnungen fand er, daß die Beobachtungsdaten keinesfalls in eine Kreisbahn einzupassen waren. Nachdem er verschiedene Bahnkurven ausprobiert hatte, kam er schließlich bei Annahme einer Ellipsenbahn zu einer Übereinstimmung mit den Beobachtungsergebnissen (wie wir heute wissen, hat die Marsbahn von den damals bekannten Planeten – neben Merkur, über den aber kaum Daten bekannt waren – die größte Exzentrizität, so daß die Differenz zum Kreis in den damaligen Fehlergrenzen für KEPLER merkbar werden konnte). In der 1609 veröffentlichten „Astronomia nova“ legte er seine Erkenntnis über die Planetenbahnen nieder und formulierte die ersten beiden Keplerschen Gesetze. Die bedeutende Leistung und der zugehörige Mut, auf der Basis des heliozentrischen Weltbildes von der Kreisbahn zur Ellipse überzugehen, ist heute nur schwer verständlich zu machen. KEPLER stellte damit die Naturbeobachtung über die Autorität der Bibel und der antiken Dogmen. Selbst GALILEI konnte sich nicht entschließen, die Ellipsenbahnen anzuerkennen!

KEPLER begnügte sich aber nicht nur mit der Beschreibung der Planetenbahnen, sondern versuchte auch physikalisch zu verstehen, was im Kosmos vorgeht. Ausgangspunkt war dabei die ursächlich in seinen Vorstellungen von der Weltharmonie begründete Annahme, daß die Physik des Himmels und der Erde die gleiche sei – ebenfalls eine weitreichende Hypothese. KEPLER vermutete, daß eine quasi-magnetische Kraft zwischen Sonne und Planeten sowie zwischen den Planeten wirke, wobei er sowohl die Gegenseitigkeit als auch die Unbegrenztheit dieser Wirkung erkannte. Die richtige Entfernungsabhängigkeit der Kraftwirkung erkannte er jedoch nicht. Das blieb NEWTON vorbehalten. Richtig beschrieb er aber auf der Grundlage seiner „Schwere“-Vorstellung die Entstehung von Ebbe und Flut, eine Erkenntnis, die GALILEI ebenfalls nicht akzeptierte.



Titelblatt
der „Dioptrice“
von 1611



Frontispiz
der
„Rudolphinischen
Tafeln“,
Ulm 1627

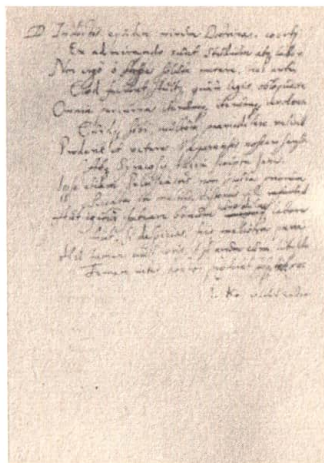
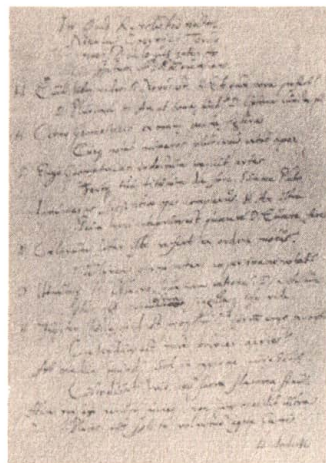
Das 3. Keplersche Gesetz fand er erst mehr als 10 Jahr später. Es ist im 5. Buch der „Harmonices mundi“ enthalten, jenes großen, 1619 erschienenen Werkes, in dem er erneut – nun unter Zugrundelegung seiner neuen astronomischen Erkenntnisse – versuchte, seine Idee von der Weltharmonie darzustellen. Das heute so bedeutsame 3. Gesetz erscheint dort im Rahmen von mehreren astronomischen Hauptsätzen. Diese Bemühungen KEPLERS sind stets zugleich unter dem Aspekt zu sehen, daß er sich bewußt war, „...eine Himmelsphilosophie oder -physik anstelle der Himmelstheologie oder -metaphysik des Aristoteles“ zu liefern.

Aus heutiger Sicht ist festzustellen, daß die Keplerschen Gesetze die ersten Naturgesetze im modernen Sinne waren, also exakte und nachprüfbar Aussagen über allgemeingültige Beziehungen. Andererseits kann man in seiner Idee der Weltharmonie etwas Ähnliches sehen, wie in HEISENBERGS Suche nach einer „Weltformel“.

GALILEI hatte 1610 das holländische Fernrohr nachgebaut. Als KEPLER davon erfuhr, setzte er es nicht nur als Beobachtungsinstrument ein, sondern befaßte sich auch mit der Theorie des Fernrohrs. Anstelle einer Zerstreuungslinse als Okular verwendete KEPLER auf Grund geometrisch-optischer Betrachtungen eine Sammellinse. Zwar stehen im Keplerschen oder astronomischen Fernrohr die Abbildungen seitenverkehrt auf dem Kopf, die Abbildungsqualität ist jedoch besser. Seine Ergebnisse legte er in seiner „Dioptrice“ von 1611 nieder; bereits 1604 hatte er ein Werk über geometrische Optik verfaßt. Beide Werke können heute als die Fundamentalwerke dieses Gebietes angesehen werden.

KEPLER hatte in ihnen alles bis dahin Bekannte über geometrische Optik zusammengetragen. Zugleich entwickelte er die richtige Theorie des Sehens, erklärte dabei die Wirkung der Augenlinse und erläuterte viele Erscheinungen der Lichtbrechung. Das Brechungsgesetz zu formulieren gelang ihm jedoch nicht.

Von seinen Prager Arbeiten sei hier noch das kleine Büchlein von 1611 „Über den sechseckigen Schnee“ genannt. Es ist vor allem deshalb bemerkenswert, weil es eine der ersten kristallographischen Abhandlungen darstellt.



Die Unruhen in Böhmen (im Vorfeld des Dreißigjährigen Krieges) und Streitigkeiten im Hause Habsburg bedingten 1611 den Rücktritt RUDOLPHS II. Unter seinem Nachfolger wurde KEPLER zwar in seinem Amt bestätigt, seine Stellung am Hof war aber sehr ungünstig, sein Gehalt wurde ihm nur zum Teil ausgezahlt. Er nahm deshalb ein Angebot der oberösterreichischen Hauptstadt Linz an, als Mathematiker an der Landschaftsschule zu wirken. Kurz vor dem Umzug starb seine Frau, was seine Lebenssituation noch komplizierter gestaltete.

Im Herbst 1613 verheiratete sich KEPLER wieder; diese zweite Ehe war offenbar wesentlich glücklicher; von den sieben Kindern starben allerdings sechs.

Die Notwendigkeit, den Rauminhalt von Weinfässern zu bestimmen, veranlaßte ihn zu stereometrischen Studien, und er entwickelte Methoden zur Volumenberechnung von Rotationskörpern, die als Vorstufe zu den späteren infinitesimalen Methoden anzusehen sind. Diese Arbeit ist eines der ersten Beispiele zur Ausarbeitung einer Theorie für einen praktischen Zweck.

Seine Hauptarbeitskraft widmete KEPLER in Linz der Fertigstellung der „Rudolphinischen Tafeln“. Den Auftrag RUDOLPHS II. hatte er praktisch von BRAHE übernommen – auf Grund von dessen umfangreichem Beobachtungsmaterial ein Tafelwerk über Sonnen-, Mond- und Planetenörter zu erstellen, das wesentlich genauer als frühere Tafeln war. Im Frühjahr 1624 war die Arbeit endlich geschafft, und erst in den letzten Jahren waren die Berechnungen durch Benutzung der Logarithmen einfacher geworden. Jedoch erst im September 1627 konnten die 1000 Exemplare in Ulm gedruckt werden.

Die Jahre von 1616 bis 1621 waren überschattet von einem Hexenprozeß gegen KEPLERS Mutter. KEPLER mußte viel Zeit und Kraft investieren, um seine Mutter vor dem Scheiterhaufen zu retten sowie die ganze Familie vor der gesellschaftlichen Ächtung zu bewahren. Inzwischen war der Dreißigjährige Krieg ausgebrochen und KEPLERS Stellung auch in Linz unsicher geworden.

Anfang 1628 hatte KEPLER Kaiser FERDINAND II. in Prag die Rudolphinischen Tafeln überreicht. Der Kaiser bewilligte ihm dafür zwar einen Lohn und versprach die Begleichung früherer Schulden; Geld erhielt KEPLER aber nicht. Nur eine Schuldverschreibung auf mehrere deutsche Städte und den Auftrag an WALLENSTEIN, den Rest zu begleichen. Auf diese Weise machte KEPLER erneut (bereits 1608 hatte er ihm ein Horoskop gestellt) die Bekanntschaft des damals mächtigsten Fürsten des Reiches.

WALLENSTEIN bot KEPLER günstige Arbeitsbedingungen, und im Sommer 1628 übersiedelte die Familie nach Sagan.

Zu jener Zeit verlor jedoch WALLENSTEIN zunehmend an Einfluß und hatte auch die restlichen Gelder nicht ausgezahlt. Um seine Gehaltsforderung an den Kaiser geltend zu machen, entschloß sich KEPLER im Herbst 1630, auf dem Reichstag zu Regensburg vorstellig zu werden. Er wurde jedoch nicht vorgelassen, denn die versammelten Fürsten befaßten sich mit kriegspolitischen Entscheidungen – WALLENSTEINS Absetzung wurde betrieben. Von der Reise und Krankheit geschwächt, schwanden ihm ob dieses endgültigen Mißerfolgs seine Kräfte, und am 15. November 1630 starb KEPLER in Regensburg.

84 Werke erschienen zu KEPLERS Lebzeiten. Sein umfangreicher Nachlaß ging verschlungene Wege, bis er 1774 auf Empfehlung EULERS durch KATHARINA II. von Rußland angekauft wurde und sich dadurch heute im Leningrader Archiv der Akademie der Wissenschaften der UdSSR befindet.

Lebensdaten zu JOHANNES KEPLER

1571	am 27. Dezember in Weil der Stadt geboren
1589	Studium an der Universität Tübingen
1594 bis 1600	Professor der Mathematik in Graz
1596	„Mysterium Cosmographicum“ erscheint
1600 bis 1611	zuerst BRAHES Assistent, ab 1601 sein Nachfolger als Kaiserlicher Mathematiker in Prag
1609	„Astronomia Nova“ mit den ersten beiden Keplerschen Gesetzen
1610	„Dioptrice“ (Keplersches Fernrohr)
1611 bis 1626	Mathematiker in Linz
1616 bis 1621	Hexenprozeß gegen die Mutter
1619	„Harmonices Mundi“ mit dem 3. Keplerschen Gesetz
1624	Fertigstellung der „Rudolphinischen Tafeln“ (Druck 1627 in Ulm)
1628 bis 1630	Mathematiker in Sagan im Dienste WALLENSTEINS
1630	am 15. November in Regensburg gestorben

Literaturverzeichnis zu JOHANNES KEPLER

- [1] Biskup, M.: Nicolaus Copernicus im öffentlichen Leben Polens. Torun 1972.
- [2] Dobrzycki, J./Biskup, M.: Nicolaus Copernicus – Gelehrter und Staatsbürger. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler und Techniker. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1973.

- [3] Gerlach, W.: Johannes Kepler und die Copernicanische Wende. Nova Acta Leopoldina, (Halle) N. F. Bd. 37/2, Nr. 210, 1973.
- [4] Grigorjan, A. T.: *Mechanika ot antitschnosti do naschich dnei*; Isdatelstwo Nauka, Moskwa 1971 (besonders Kapitel 4 und 5).
- [5] Haase, R.: Kepler und der Gedanke der Weltharmonie. Jahrbuch des oberösterreichischen Musealvereins, Bd. 117, Linz 1972, S. 213 bis 222.
- [6] Heckmann, O.: Copernicus und die moderne Astronomie. Nova Acta Leopoldina, (Halle) N. F. Bd. 38, Nr. 215, 1973.
- [7] Hoppe, J.: Johannes Kepler. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner. Bd. 17, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1975.
- [8] Ruben, P.: Von der Wirklichkeit zur Abstraktion: *Harmonices mundi* – zum 400. Geburtstag Johannes Keplers. In: „Wissenschaft und Fortschritt“ (Berlin) 21 (1971) 12, S. 531 bis 535.
- [9] Russel, J. L.: Kepler's Laws of Planetary Motion. *The British Journal for the History of Science*, (London) 2 (1964) 5, S. 1 bis 24.
- [10] Wollgast, S./Marx, S.: Johannes Kepler. Urania-Verlag, Leipzig/Jena/Berlin 1976 (hier auch ausführliche Angaben zu Keplers Werken).
- [11] Wußing, H.: Johannes Kepler. In: *Biographien bedeutender Mathematiker*. Hrsg. v. H. Wußing und W. Arnold, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1975, S.132 bis 148.
- [12] Gerlach, W./List, M.: Johannes Kepler – Dokumente zu Leben und Werk. Ehrenwirth Verlag, München 1971.

GALILEO GALILEI (1564 bis 1642)

Mit dem aufkommenden Frühkapitalismus wurden in weit stärkerem Maße als vorher theoretische Grundlagen für die Entwicklung von Geräten, Maschinen und Produktionsverfahren erforderlich. Im Sinne dieses gesellschaftlichen Bedürfnisses hat GALILEI wesentlich dazu beigetragen, die aus der Antike und Scholastik übernommenen Denkweisen und Methoden der Naturbetrachtung mit den experimentellen Erfahrungen der Produktionspraxis seiner Zeit in neuer Weise zu konfrontieren. Als Begründer der Experimentalwissenschaften und Entdecker der grundlegenden Bewegungsgesetze wurde er zur Zentralgestalt in der Zeit der Herausbildung der klassischen Physik [1; S. 100ff.].

GALILEI wurde am 15. Februar 1564 in Pisa geboren. Sein Vater war ein angesehener Musikgelehrter, der zeitweilig auch als Tuchhändler tätig war, um den Unterhalt seiner Familie zu sichern. In seinem Elternhaus erhielt der junge GALILEI eine sehr vielseitige klassische, musikalische und literarische Bildung, die ihn für sein weiteres Leben prägte.

Seine schulische Ausbildung absolvierte er in dem nahe bei Florenz gelegenen Benediktinerkloster Vallombrosa. Im Jahre 1581 nahm GALILEI mit knapp 18 Jahren an der toskanischen Universität in Pisa das Studium der Medizin auf. Da er sich jedoch mehr für mathematische und physikalische Probleme interessierte, verließ er 1585 ohne regulären Abschluß die Universität und setzte im Elternhaus in Florenz privat seine Studien fort.



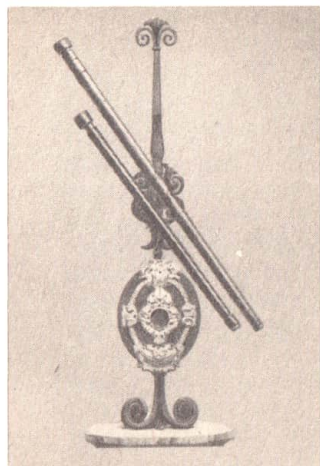
GALILEO GALILEI
(1642)

Insbesondere fanden praktische Anwendungen der Mathematik in der Mechanik, Technik und Astronomie sein Interesse. So befaßte er sich auch mit den Arbeiten von EUKLID und ARCHIMEDES (→ ARCHIMEDES).

Zwei kleine, handschriftlich verbreitete Schriften über die Konstruktion einer hydrostatischen Waage und über den Schwerpunkt fester Körper machten GALILEI so bekannt, daß er im Jahre 1589 mit 25 Jahren an der Universität Pisa zum Professor für Mathematik berufen wurde. Als 1591 sein Vater starb und damit die Sorge für den materiellen Unterhalt seiner Familie auf ihn als den ältesten Sohn überging, war er gezwungen, sich nach einer besser bezahlten Stellung umzusehen. Durch entsprechende Fürsprache gelang 1592 die Berufung zum Professor für Mathematik an die Universität Padua in der Republik Venedig. Diese Universität war damals eine der berühmtesten Bildungsstätten Europas.

GALILEI hielt hier Vorlesungen über Geometrie, Mechanik und Astronomie, die sich inhaltlich kaum von den üblichen unterschieden haben. Daneben unterrichtete er Privatschüler in praktischer Mechanik, Festungsbau, Ballistik und weiteren militärtechnischen Fächern. Die anregende Atmosphäre in Padua und in dem benachbarten Venedig mit seinen Werften und dem damals berühmten Arsenal hat ihm viele Anstöße zu technischen und wissenschaftlichen Arbeiten gegeben. So konstruierte er in dieser Zeit u. a. einen Apparat zum Wasserheben mit Hilfe tierischer Kraft und einen Proportionalzirkel, mit dem auf mechanischem Wege bestimmte geometrische und arithmetische Aufgaben gelöst werden können.

Aus Briefen und anderen Äußerungen geht hervor, daß GALILEI sich in der Zeit seines Wirkens in Pisa und Padua auch schon sehr intensiv mit der Untersuchung von Fall und Wurf befaßt hat. Seine älteste Schrift von eigentlichem wissenschaftlichem Charakter „Über die Bewegung“ („De motu“) blieb 1590 zunächst unveröffentlicht, sie stellt jedoch die Ausgangsposition seiner mechanischen Arbeiten dar. Bis zum Jahre 1609 hatte GALILEI die Fallbewegung als eine beschleunigte Bewegung, bei der die Geschwindigkeit des fallenden Körpers in gleichen Zeiten um

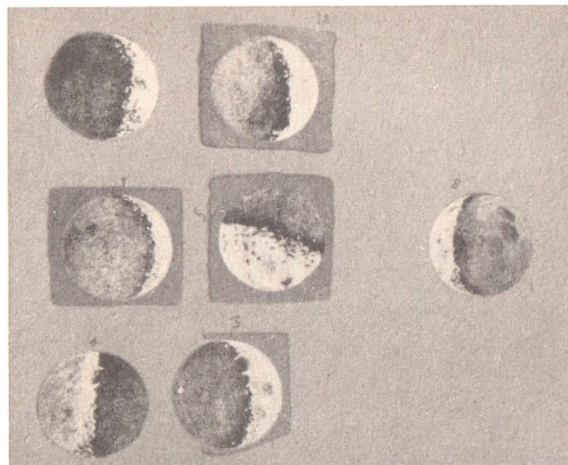


gleiche Beträge zunimmt, erkannt. Dennoch handelt es sich bei den GALILEI zugeschriebenen Fallversuchen am Schiefen Turm von Pisa offenbar um Legenden. Einem Brief an KEPLER (→ KEPLER) aus dem Jahre 1597 ist zu entnehmen, daß GALILEI in dieser Zeit auch schon die Arbeiten von COPERNICUS (→ COPERNICUS) kannte.

Im Jahre 1609 erhielt GALILEI Kunde vom Bau eines Fernrohres in den Niederlanden. Er konstruierte sofort auch ein solches Instrument und berichtete davon in seinem ersten herausragenden Buch, der „Botschaft von den Sternen“ (1610): „Zunächst stellte ich mir ein Fernrohr aus Blei her, an dessen Ende ich zwei Glaslinsen anbrachte, beide auf der einen Seite eben, auf der anderen die eine kugelförmig konvex, die andere konkav. Als ich dann das Auge an das Hohlglas brachte, sah ich die Gegenstände beträchtlich groß und nahe...“ [3; S. 42].

Zunächst erprobte und demonstrierte er sein Fernrohr an irdischen Objekten, danach richtete er es als einer der ersten Naturforscher gegen den Himmel. So beschrieb er in der genannten Schrift die gebirgige Struktur der Mondoberfläche und schätzte auf Grund der durch das Sonnenlicht bedingten Schatten der Mondgebirge sogar deren Höhe. Er bestätigte die schon von DEMOKRIT geäußerte Ansicht, daß die Milchstraße eine Anhäufung von Sternen sei. Eine der wichtigsten Entdeckungen GALILEIS auf astronomischem Gebiet war im Januar 1610 die von vier Jupitertrabanten. Er hielt sie zunächst für kleine Fixsterne. Dann bemerkte er ihre Ortsveränderung gegen den Jupiter und untereinander, schließlich konnte er die Perioden ihrer Umläufe bestimmen.

GALILEIS Entdeckungen zeigten die überragende Bedeutung des Fernrohres für die Astronomie. Die in der „Botschaft von den Sternen“ vorgelegten astronomischen Erkenntnisse waren eine außerordentliche Stütze für das heliozentrische Weltbild. Dessen Gegner, die Aristoteliker, mißtrauten jedoch diesen Angaben. Sie waren im geozentrischen Weltbild so befangen, daß sie sich weigerten, durch das Fernrohr zu schauen und darin Gaukelei und optische Täuschung vermuteten.



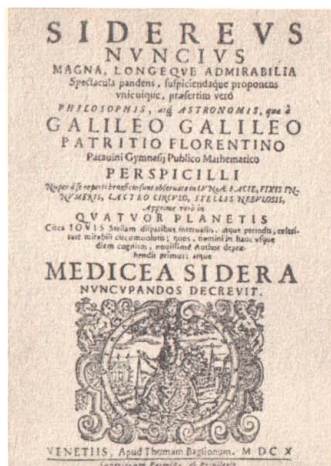
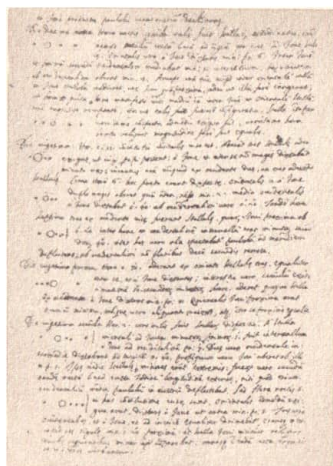
Zeichnungen
GALILEI vom Mond
(1609)

Seine wissenschaftlichen Erfolge brachten GALILEI im September 1610 die Stelle als „Philosoph und Erster Mathematiker des Großherzogs von Toscana“ in Florenz ein. Um diese Anstellung hatte er sich seit längerer Zeit bemüht, da er, frei von den Verpflichtungen eines Universitätslehrers und materiell gesichert, sich nur noch der wissenschaftlichen Arbeit widmen wollte. Es liegt die Vermutung nahe, daß GALILEI sich bei diesem Schritt auch von seinen sehr unerquicklich gewordenen häuslichen Verhältnissen lösen wollte; denn in seinem Hause lebten seine Mutter sowie seine ihm nicht angetraute Lebenskameradin MARINA GAMBA und seine drei Kinder.

In Florenz setzte GALILEI die astronomischen Beobachtungen fort. Das Ringsystem des Saturn konnte er mit seinem Fernrohr noch nicht auflösen. Er glaubte, drei nebeneinanderstehende Himmelskörper zu sehen und sprach deshalb von der „Dreigestalt“ des Saturn. Er entdeckte die Venusphasen, die die Bewegung dieses Planeten um die Sonne bewiesen. Wie es zu seiner Zeit üblich war, unterrichtete GALILEI Freunde und Fachkollegen, darunter auch KEPLER, über diese Erkenntnisse in Form eines lateinischen Anagramms (Buchstabenrätsels), um sich die Priorität an seiner Entdeckung zu sichern.

Im Frühjahr 1611 reiste GALILEI nach Rom, wo er mit seinen Vorträgen und astronomischen Demonstrationen auch bei den Mathematikern und Astronomen des Collegium Romanum, der zentralen wissenschaftlichen Instanz des Jesuitenordens, großen Erfolg hatte. Man bestätigte die von ihm beschriebenen Erscheinungen. Der Zusammenhang mit der copernicanischen Lehre wurde dabei allerdings nicht berührt. Auf Grund seines gesamten wissenschaftlichen Werkes wurde GALILEI als Mitglied in die Accademia dei Lincei (Akademie der Luchse) zu Rom, die wenige Jahre zuvor gegründete und bedeutendste wissenschaftliche Vereinigung seines Landes, aufgenommen.

Im Jahre 1613 äußerte sich GALILEI in Briefen erstmalig über die Stellung der Bibel zu seinen astronomischen Entdeckungen. Obwohl überzeugter Katholik,



Handschrift
GALILEIS
mit
Zeichnungen
der
Jupitermonde

Titelblatt
des
„Siderius Nuncius“
(1610)

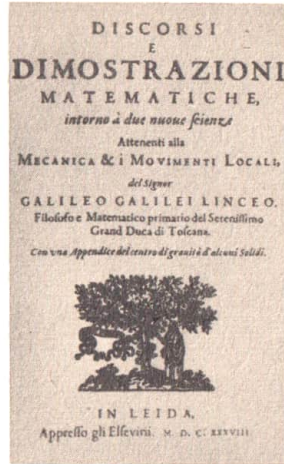
glaubte er, zur Rechtfertigung der copernicanischen Lehre gewisse Bibelstellen auf seine Weise auslegen zu dürfen. Damit hatte er jedoch in die unmittelbare Kompetenz der katholischen Kirche eingegriffen, was diese auch angesichts des damaligen Abwehrkampfes gegen den Protestantismus im Interesse ihrer Macht nicht dulden wollte. Die Auseinandersetzungen um die Trennung von Theologie und Naturwissenschaften spitzten sich zu.

Am 19. Februar 1616 waren von der Inquisitionsbehörde theologische Sachverständige des Heiligen Offiziums zur Beurteilung der folgenden zwei copernicanischen Thesen aufgefordert worden:

- Die Sonne ist der Mittelpunkt der Welt und besitzt keinerlei örtliche Bewegung.
- Die Erde ist nicht der Mittelpunkt der Welt und nicht beweglich, sondern bewegt sich als Ganzes sowie in täglicher Umdrehung um sich selbst.

Bereits am 24. Februar 1616 veröffentlichte man das Gutachten. Die erste These wurde als philosophisch töricht und absurd, außerdem formell ketzerisch angesehen. Die zweite These wurde zusätzlich als irrig im Glauben beurteilt. Daraufhin verbot die Indexkongregation im Dekret vom 5. März 1616 die copernicanische Lehre. GALILEI wurde ermahnt, von der Verteidigung dieser Lehre abzusehen. Der Widerspruch zwischen theologischem Dogma und wissenschaftlicher Wahrheit war unüberbrückbar geworden.

Im August 1623 wurde Kardinal BARBERINI als URBAN VIII. zum Papst gewählt. Da dieser GALILEIS Förderer war, mit dem er sich seit Jahren in einem angeregten wissenschaftlichen Gespräch befand, glaubte GALILEI, unter Verknüpfung der gesellschaftlichen Situation, die Aufhebung des genannten Verbots bewirken zu können. Er hielt die Zeit für gekommen, einen schon sehr lang gehegten Plan zu verwirklichen und ein Buch über die beiden Weltsysteme zu schreiben. Dieses erschien 1632 im Druck, wozu nach mehreren Einsprüchen die päpstliche Zensur ihre Genehmigung gegeben hatte. GALILEI mußte allerdings in einem Vorwort und in einem Schlußabschnitt den hypothetischen Charakter seiner Gedanken betonen. Der



Titelblatt
des
„Dialog“
(1632)

Titelblatt
der
„Discorsi“
(1638)

Titel lautet: „Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, das ptolemäische und das copernicanische“. [2]

Dieser „Dialog“, auch literarisch ein hervorragendes Werk, war nicht in lateinischer, sondern italienischer Sprache geschrieben. GALILEI konnte so nicht nur von den Gelehrten, sondern von vielen Menschen verstanden werden. Gesprächspartner sind SALVIATI, der die neuen Gedanken vorträgt und verteidigt, SAGREDO, der gebildete und aufgeschlossene Laie, der von GALILEI belehrt und gewonnen werden soll, und SIMPLICIO, der Anhänger der aristotelischen Lehre. Das Werk gliedert sich in vier Tage, an denen mehr oder weniger geschlossene Teilgebiete behandelt werden.

Am ersten Tag wird die Gleichwertigkeit von irdischen und himmlischen Körpern und Erscheinungen behandelt, am zweiten die Rotation der Erde um ihre Achse, am dritten die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne. Am vierten und letzten Tag wird eine neue Theorie der Gezeiten erörtert. In der Darstellung von physikalischen und astronomischen Sachverhalten wird auch GALILEIS methodisches Vorgehen deutlich, das aus einer ausgewogenen Kombination von Induktion und Deduktion bestand. Charakteristisch ist sein Bestreben, die Mathematik seiner Zeit, geometrische Darstellungen und Proportionen, zur Naturbeschreibung heranzuziehen.

In einigen Punkten war GALILEI noch der alten Denkweise verhaftet. So glaubte er z. B., daß auch im copernicanischen System die Welt durch eine Kugel abgeschlossen ist. Obwohl KEPLER bereits im Jahre 1609 Ellipsenbahnen für die Planeten angenommen hatte, hielt GALILEI an Kreisbahnen fest.

Die am vierten Tag erörterte GALILEISCHE Gezeitentheorie war falsch. GALILEI nahm an, Ebbe und Flut seien eine notwendige Konsequenz der Erdbewegung. Dabei hatte er das Modell einer mit Wasser gefüllten und sich drehenden Schüssel vor Augen. KEPLERS richtige Erklärung des Zustandekommens der Gezeiten wurde von GALILEI als „Kinderei“ abgetan.

Der „Dialog“ wurde von Kreisen der katholischen Kirche sofort sehr heftig diskutiert und angegriffen. Er stellte einen offenen Bruch mit den religiösen Dogmen dar. Seine weltanschauliche Sprengkraft äußerte sich darin, daß sich der gläubige Christ GALILEI gezwungen sah, die Anerkennung von Naturgesetzen über das biblische Bekenntnis zu stellen. Außerdem sah sich der Papst selbst in der Person des SIMPLICIO lächerlich gemacht. Bereits im August 1632 wurde der weitere Verkauf des Werkes verboten.

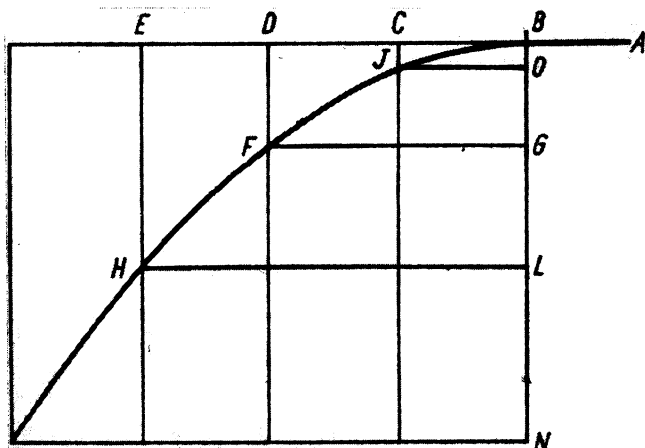
Am 12. April 1633 begann das Inquisitionsgericht gegen GALILEI zu verhandeln. Er wurde für schuldig befunden, an der verbotenen Lehre des COPERNICUS festgehalten und diese verteidigt zu haben. Am 22. Juni 1633 hat er den verlangten Schwur gegen diese Lehre geleistet. In der ihm vorgelegten Abschwörungsformel hieß es unter anderem: „...so bin ich demnach als der Ketzerei schwer verdächtig erachtet worden, das heißt: festgehalten und geglaubt zu haben, daß die Sonne das Zentrum der Welt und unbeweglich, und die Erde nicht Zentrum sei und sich bewege. – Darum, da ich nun Euren Eminenzen und jedem katholischen Christen diesen starken, mit Recht gegen mich gefaßten Verdacht nehmen möchte, so schwöre ich ab, verwünsche und verfluche ich mit aufrichtigem Herzen und ungeheucheltem Glauben die genannten Irrtümer und Ketzereien...“ [3; S. 84 bis 85].

Der Prozeß gegen GALILEI stellte im Konflikt zwischen dem kirchlichen Dogma und dem wissenschaftlichen Weltbild einen Höhepunkt dar. Das Problem der Bewegung der Erde und der Planeten stellte über die Astronomie hinaus auch die religiösen Vorstellungen vom Bau des Himmels und damit auch den Wahrheitsanspruch der von der Kirche getragenen theologischen und gesellschaftlichen Auffassungen in Frage. Im Jahre 1600 wurde BRUNO für die Verbreitung der copernicanischen Lehre noch hingerichtet. GALILEI wurde, auch wegen seines großen wissenschaftlichen Ansehens, schon vorsichtiger behandelt. Sein Abschwören weist auf die Machtverhältnisse im Italien des 17. Jahrhunderts hin. Die „Emanzipation der Naturforschung von der Theologie“ (ENGELS) war seitdem jedoch nicht mehr aufzuhalten. Bereits 1635 erschien das verbotene Werk in der niederländischen Stadt Leiden in lateinischer Sprache.

Nach seiner Verurteilung lebte GALILEI als Gefangener der Inquisition in einem Haus auf dem Landgut Arcetri bei Florenz. Hier vollendete er, schon über 70 Jahre alt, seine Bewegungslehre. Er schrieb ein Werk mit dem Titel „Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenschaften, die Mechanik und die lokale Bewegung betreffend“ [4].

Das Buch ist mit den schon genannten Gesprächspartnern wieder in Dialogform geschrieben, obwohl es mehr den Charakter eines physikalischen Lehrbuches hat. Es gliedert sich in vier Tage. Nach GALILEIS Tod wurden aus seinem Nachlaß für die zweite Auflage noch zwei weitere Tage hinzugefügt. In diesem Werk äußerte er sich aber auch noch über eine Reihe mathematischer Probleme (mengentheoretische Betrachtungen, geometrische Konstruktionen).

Angeregt durch ballistische Studien und Untersuchungen von Pendelbewegungen, bildeten die Herleitung und die experimentelle Bestätigung der Fallgesetze



Wurfparabel,
Illustration
aus
„Discorsi“
(1638)

den Hauptteil der „Unterredungen“ („Discorsi“). GALILEI überwand die aristotelischen Begriffe der „natürlichen“ und der „erzwungenen“ Bewegung (\nearrow ARISTOTELES) und führte die für die Kinematik wesentlichen Begriffe der gleichförmigen und der gleichmäßig beschleunigten Bewegung ein. Bereits in Pisa und in Padua hatte er dazu planvolle Experimente an der Fallrinne vorgenommen. Er erkannte, daß man an einer geneigten Ebene den Fall gewissermaßen langsamer ablaufen lassen kann. Auf diese Weise konnte er den Versuchsablauf an die ihm zur Verfügung stehende noch sehr unzulängliche Methode der Zeitmessung über die Wägung ausgeflossenen Wassers (Auslaufwasseruhr) anpassen. GALILEI fand so das Geschwindigkeits-Zeit- und das Weg-Zeit-Gesetz für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung. Sie waren der Ausgangspunkt für den Aufbau der ersten klassischen Teildisziplin der Physik, der Mechanik.

Die Wurfbewegung analysierte GALILEI als Überlagerung einer gleichförmigen mit der gleichmäßig beschleunigten Bewegung des freien Falls, wobei er als Wurfbahn die Parabel fand. Er stellte eine Tabelle über Schußhöhen und Schußweiten unter verschiedenen Erhebungswinkeln zusammen. So wurden erste wissenschaftliche Grundlagen für die Ballistik gelegt.

Bei GALILEI finden sich auch erste vorbereitende Gedanken für die Formulierung des Trägheitsgesetzes. Er nahm an, daß ein Körper ohne Einwirkung einer Kraft den Betrag seiner Geschwindigkeit beibehalten, jedoch eine Kreisbahn um den Erdball beschreiben müsse. Diese könne aber im Hinblick auf Bewegungen näherungsweise als geradlinig angesehen werden.

GALILEIS Vorgehen zeigt eine völlig neue Art, naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu erwerben. Angeregt durch Probleme aus der Produktionspraxis, der Militärtechnik, aber auch der Astronomie, formulierte er Hypothesen, die durch Experimente systematisch auf ihre Richtigkeit überprüft wurden. So bemühte er sich um theoretische Einsichten, die wiederum in der Praxis angewendet werden konnten. Durch die zentrale Stellung, die er dem Experiment im Erkenntnisprozeß zuwies, wurde GALILEI zum Begründer der Experimentalwissenschaft [5; S. 468].

Mit den „Unterredungen“ hatte GALILEI seinen Weg der Überwindung der alten aristotelisch-scholastischen Naturlehre und Weltanschauung konsequent fortgesetzt. Er bemühte sich um weitere mechanische Beweise für das heliozentrische Weltsystem. Indem sich seine astronomischen und mechanischen Forschungen gegenseitig förderten, legte er wichtige Grundlagen für die Umgestaltung des gesamten naturwissenschaftlichen Weltbildes [1; S. 114 ff.].

Da in den katholischen Ländern kein Werk von GALILEI mehr erscheinen durfte, gelang es mit Unterstützung von Freunden, das Manuskript der „Unterredungen“ in die protestantischen Niederlande zu bringen. Hier wurde das Buch in Leiden im Juli 1638 veröffentlicht. Es wurde das erste Lehrbuch der neueren Mechanik [6].

Am 8. Januar 1642 starb GALILEI, nachdem er schon einige Jahre erblindet war. An seinem Lager standen seine Schüler VIVIANI, der auch sein erster Biograph war, und TORRICELLI, der sein Nachfolger am Hofe von Florenz wurde. Eine Bestattung in der Familiengruft wurde ihm verweigert. Erst 1737, fast hundert Jahre nach seinem Tode, wurden seine sterblichen Überreste in ein Mausoleum umgebettet.

Im Jahre 1835 hat die Indexkongregation der katholischen Kirche den „Dialog“ von der Liste der verbotenen Bücher gestrichen. In dieser Zeit (1837/1838) gelang es STRUVE und BESSEL, die Parallaxe der Fixsterne nachzuweisen, die von der Erdbewegung um die Sonne herrührt. Im Jahre 1851 ist von FOUCAULT gezeigt worden, daß sich die Schwingungsebene eines Pendels infolge der Erdrotation dreht. Mit diesen Fakten war die doppelte Erdbewegung endgültig physikalisch bestätigt.

GALILEIS Kampf um eine wissenschaftlich fundierte Weltanschauung, sein Konflikt mit der „Obrigkeit“ hat BRECHT zu seinem Drama „Leben des GALILEI“ angeregt. Unter dem Eindruck der amerikanischen Atombombenabwürfe im Jahre 1945 verschärfte BRECHT seine Aussage und bezeichnet das Abschwören GALILEIS „als die ‚Erbsünde‘ der modernen Naturwissenschaften“, [10; S. 689] durch die ihnen ihre revolutionäre Kraft genommen wurde und sie als „Spezialwissenschaft“ in die sich herausbildende bürgerliche Gesellschaft eingefügt werden konnten. Andererseits hat GALILEIS Verhalten die Entstehung der klassischen Naturwissenschaften erst ermöglicht. BRECHTS Werk verdeutlicht so am Leben und Wirken eines der bedeutendsten Naturwissenschaftler die Dialektik von revolutionärer wissenschaftlicher Leistung und gesellschaftlicher Verantwortung.

Lebensdaten zu GALILEO GALILEI

1564	am 15. Februar in Pisa geboren
1581	Beginn eines Medizinstudiums an der Universität Pisa
1585	Rückkehr ins Elternhaus nach Florenz, Privatstudium
1586	Konstruktion einer hydrostatischen Waage, Schrift über den Schwerpunkt fester Körper
1589	Professor für Mathematik an der Universität Pisa
1592	Professor für Mathematik an der Universität Padua
1599	Beginn des Zusammenlebens mit MARINA GAMBA
1609	Studium der Fall- und Wurfgesetze,

	Nachkonstruktion des Fernrohrs
1610	Wichtige astronomische Entdeckungen, Anstellung am Hofe in Florenz
1611	Mitglied der Accademia dei Lincei
1616	Dekret über das Verbot der copernicanischen Lehre, Ermahnung durch die Inquisition
1632	Der „Dialog“ erscheint in Florenz
1633	Prozeß, Abschwörung, Hausarrest
1638	Die „Unterredungen“ erscheinen in Leiden
1642	am 8. Januar in Arcetri bei Florenz verstorben

Literaturverzeichnis zu GALILEO GALILEI

- [1] Harig, G.: Die Tat des Kopernikus. Die Wandlungen des astronomischen Weltbildes im 16. und 17. Jahrhundert. Urania-Verlag, Leipzig/Jena/Berlin 1962.
- [2] Galilei, G.: Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, das ptolemäische und das copernicanische. Deutsche Übersetzung und Erläuterung von Emil Strauß. BSB B. G. Teubner, Leipzig 1892.
- [3] Schmutzer, E./Schütz, W.: Galileo Galilei. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 19. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1975.
- [4] Galilei, G.: Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenschaften, die Mechanik und die lokale Bewegung betreffend. Deutsche Übersetzung und Herausgabe von A. von Oettingen. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 11, 24, 25. Engelmann-Verlag, Leipzig 1890 bis 1891.
- [5] Schreier, W.: Von Copernicus bis Newton – die Geburt der klassischen Physik. In: „Physik in der Schule“, Berlin, 11 (1973) 11, S.465 bis 474.
- [6] Laue, M. v.: Zum 300. Geburtstag des ersten Lehrbuches der Physik. In: „Die Naturwissenschaften“, Berlin 26 (1936), S. 129 bis 136.
- [7] Kuznecov, B. G.: Von Galilei bis Einstein. Entwicklung der physikalischen Ideen. Akademie-Verlag, Berlin 1970.
- [8] Wohlwill, E.: Galilei und sein Kampf für die copernicanische Lehre. 2 Bände.
1. Band: Verlag L. Voss, Hamburg 1909,
2. Band: Verlag L. Voss, Leipzig 1926.
- [9] Geske, M.: Galileo und die Hunde des Herrn. Der Kinderbuchverlag, Berlin 1979.
- [10] Brecht, B.: Werke in fünf Bänden. Bd. 1. Aufbau-Verlag, Berlin und Weimar 1973.

OTTO VON GUERICKE (1602 bis 1686)

OTTO VON GUERICKE ist der Erfinder der Luftpumpe – eine Leistung, ohne die die heutige Vakuumtechnik nicht denkbar wäre. Vermittels dieses Gerätes erbrachte er den experimentellen Beweis, daß ein Vakuum möglich und tatsächlich auch herstellbar ist. Zwar war er nicht der erste, dem dieser Beweis gelang – TORRICELLI und PASCAL hatten das Vakuum schon einige Jahre früher experimentell erzeugt –, aber seine Demonstrationen und Erklärungen waren am überzeugendsten und konfron-



OTTO VON GUERICKE

tierten sozusagen die breite Öffentlichkeit mit Tatsachen, die die theologischen Auffassungen über das Universum erschütterten. Wie sollte Gott im „Nichts“ existieren?

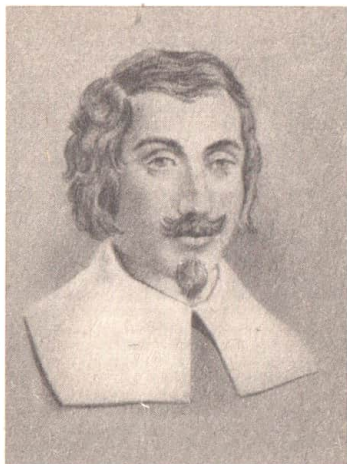
ARISTOTELES war bei seinem Nachdenken über das Leere zu dem Schluß gekommen, daß es kein Vakuum geben könne. Der „horror vacui“, der „Abscheu vor dem Leeren“, den die Natur empfinde, wurde in der Scholastik zur allgemeinen Lehrmeinung.

KEPLER griff auf Grund seiner astronomischen Beobachtungen die Frage nun im Rahmen der copernicanischen Lehre auf, und er bestimmte die Höhe der Atmosphäre zu knapp 4 km; GALILEI fand 1613 einen etwas größeren Wert. Aber ob „dahinter“ Vakuum sei, war auch bei ihnen nur vage Vermutung.

Nach 1630 wurde GALILEI durch das Problem eines Genueser Brunnenbauers, Wasser in einem Rohrsystem höher als 18 Ellen (1 Elle = ca. 55 cm) zu heben, erneut mit der Frage nach der Natur des Vakuums konfrontiert. GALILEIS Schüler VIVIANI und TORRICELLI (1608 bis 1647) führten um 1643 seine Versuche fort, nun aber statt Wasser Quecksilber benutzend, so daß sie mit nur ca. 1 m langen Röhren experimentieren konnten. [13]

Vor allem TORRICELLI, der nach GALILEIS Tod dessen Stellung als Hofmathematiker in Florenz übernahm, hatte an diesen Experimenten großen Anteil. TORRICELLI hatte u. a. einen geometrischen Beweis zu GALILEIS Theorie des freien Falls erbracht und 1646 das sogenannte TORRICELLISCHE Theorem über die Ausfließgeschwindigkeit von Wasser aus der Bodenöffnung eines Gefäßes erbracht.

1644 berichtete TORRICELLI in einem Brief an einen Freund über seine Versuche zum Vakuum. Er nahm eine etwa 1 m lange, an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre, füllte sie mit Quecksilber und stülpte sie in ein Gefäß mit Quecksilber. Die Flüssigkeitssäule sank auf eine Höhe von ca. 76 cm. Zweifellos mußte sich darüber ein leerer Raum gebildet haben – die „TORRICELLISCHE Leere“, wie man ihn seither



bezeichnet. In Experimenten mit unterschiedlich langen Röhren konnte TORRICELLI schließlich zeigen, daß der äußere Luftdruck der Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält und so die Lehre vom „horror vacui“ erstmals widerlegen.

TORRICELLI ging es aber im weiteren weniger um die Untersuchung des Vakuums, als vielmehr um die Untersuchung des Einflusses von Luftdruckschwankungen auf die Höhe der Quecksilbersäule. Von diesen Experimenten erhielt auch PASCAL in Paris Kunde. Er war es, der 1648 TORRICELLIS Überlegungen genial bestätigte. Seither ist das Quecksilberbarometer als Luftdruck- und Höhenmesser gebräuchlich.

Diese Barometerexperimente waren dem Bürgermeister der Stadt Magdeburg, OTTO VON GUERICKE, um 1650 noch nicht bekannt. Er kannte aus seiner Studienzeit zwar die copernicanische Lehre, aber was GALILEI, TORRICELLI und PASCAL über das Vakuum erforscht hatten, war ihm unbekannt. Wie sollte er auch im Deutschland des Dreißigjährigen Krieges davon erfahren, da doch deren Erkenntnisse hierüber nicht gedruckt erschienen.

OTTO GERICKE – Kaiser Leopold I. adelte ihn 1666, danach schrieb er sich „VON GUERICKE“ – wurde am 20. November 1602 in Magdeburg geboren. Er stammte aus einem seit dem 14. Jahrhundert in Magdeburg ansässigen Patriziergeschlecht und erhielt eine entsprechende Erziehung durch Privatlehrer. Magdeburg war damals eine große Handelsmetropole, der Hanse zugehörig und seit 1561 protestantisch. Hier konzentrierte sich ein reges geistiges Leben.

1617 begann GUERICKE in Leipzig Jura zu studieren. Als 1618 der Dreißigjährige Krieg ausbrach, ging er zunächst nach Helmstedt. Nach dem Tod des Vaters setzte er 1621 sein Studium in Jena fort. Zwei Jahre später ging er nach Leiden, damals ein geistiges Zentrum in Europa, wo er Naturwissenschaften, Mathematik und speziell Festungsbau studierte. So war er als künftiger Ratsherr mit Kenntnissen in den Rechten ausgestattet und – da in Deutschland Krieg herrschte, ein wichtiger



Titelbild von GUERICKE
„Experimenta nova“

Aspekt – mit dem Festungsbau vertraut. Nach Abschluß seiner Studien unternahm er – wie damals üblich – eine Studienreise nach England und Frankreich.

1626 kehrte er nach Magdeburg zurück, wurde Mitglied des Rates und Ratsbaumeister. GUERICKE konnte zwar nun seine Kenntnisse über Festungsbau einsetzen, Uneinigkeit im Magdeburger Rat führte jedoch dazu, daß sie sich nicht richtig durchsetzen ließen. 1631 wurde Magdeburg durch die kaiserlich-katholischen Truppen unter TILLY bis auf die Grundmauern zerstört, und viele Einwohner fanden den Tod. GUERICKE gelang es, mit seiner Familie zu fliehen; sein reiches Familienerbe ging jedoch größtenteils verloren.

1632 begann der Wiederaufbau Magdeburgs, und GUERICKE war aktiv daran beteiligt. Seine großzügigen Bebauungspläne konnte er aber nicht verwirklichen, da die Stadt infolge des Krieges verarmt war. – 1645 wurde er zu einem der vier Bürgermeister der Stadt gewählt, und ab 1646 vertrat er die Stadt bei den Friedensverhandlungen in Münster und Osnabrück. Ziel war es, die alten Freiheiten der Hansestadt wiederzugewinnen. Bestechung war bei solchen Missionen ein verbreitetes Mittel, die Stadt aber war arm. So ist durchaus zu vermuten, daß GUERICKE seine Experimente beispielsweise auf dem Reichstag zu Regensburg 1654 auch deshalb durchführte, um auf sich und die Interessen der Stadt aufmerksam zu machen.

Spätere Streitigkeiten mit dem Rat der Stadt, vor allem auch mit Jüngeren, die die Verdienste GUERICKEs um die Stadt nicht mehr richtig einschätzen konnten, veranlaßten ihn, sich 1678 aus dem Rat zurückzuziehen. Als 1681 in Magdeburg die Pest ausbrach, zog er zu seinem Sohn nach Hamburg. Dort starb er am 21. Mai 1686. Ob er in Hamburg oder Magdeburg begraben ist, ist nicht ganz sicher; neuere Archivreise lassen letzteres vermuten.

Der Reichstag zu Regensburg war eigentlich GUERICKEs größte diplomatische Niederlage, denn er konnte die gewünschte Freiheit der Stadt nicht durchsetzen, aber zugleich hatte er dort seinen größten wissenschaftlichen Triumph, denn seine Erfindungen und Versuche wurden von hier aus bekannt.

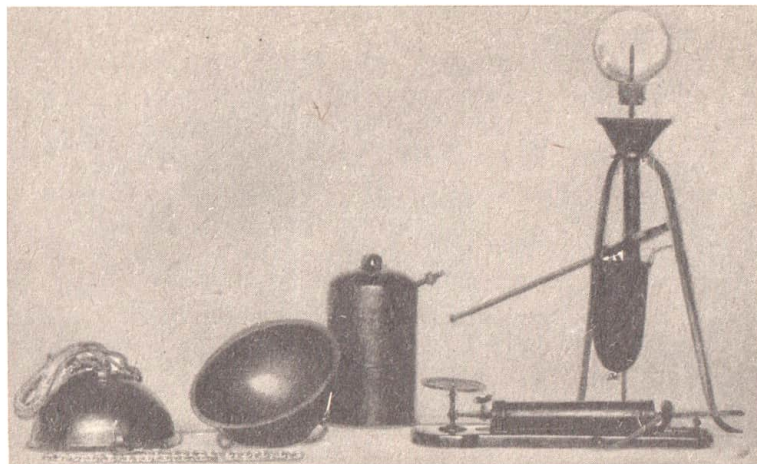


Versuch GUERICKE,
ein Faß zu evakuieren

Der Unterschied in der Fragestellung GUERICKE und TORRICELLIS liegt vornehmlich darin, daß letzterer vom Problem des Pumpenbaus ausging und vor allem die Wirkung des äußeren Luftdrucks untersuchte, während GUERICKE von einer naturphilosophischen Fragestellung nach der Natur des Weltraums angeregt wurde, ein Vakuum annahm und versuchte, ein solches auf der Erde künstlich herzustellen, um damit zu experimentieren. So ist auch GUERICKEs großes Werk über seine Ergebnisse, die „EXPERIMENTA NOVA MAGDEBURGICA“, ein Werk über den Raum, über kosmische Physik, das nur in einem Teil die eigentlichen Experimente zum Vakuum enthält (vgl.[1]). GUERICKE hatte darin den Beweis erbracht, daß der leere Raum, der sich nach der copernicanischen Astronomie zwischen den Himmelskörpern erstreckte, eine physikalische Realität darstellte. Das Buch wurde in den sechziger Jahren geschrieben und erschien 1672 in Amsterdam. Eigentlich kam es zu spät, denn GUERICKEs Versuche waren bereits bekannt – durch seine eigenen Vorführungen und durch die um 1657 und 1664 erschienenen Bücher „Mechanica hydraulico-pneumatica“ und „Technica curiosa“ des Würzburger Jesuitenpaters SCHOTT, der mit GUERICKEs Erlaubnis dessen wichtigste Experimente beschrieben hatte. So wurde es kaum mehr gelesen, und seine Bedeutung für die gesamte Naturforschung wurde erst später klar.

Es ging GUERICKE um ein neues physikalisches Weltbild auf der Grundlage des Planetensystems von COPERNICUS. Für Demonstrationsversuche diente ihm dabei eine Schwefelkugel als verkleinertes Abbild der Erde, an der er verschiedene kosmische Wirkkräfte wie Anziehung und Mitführung zu erklären versuchte. Die mit der Kugel erzeugten „Kräfte“ beruhten auf Effekten der Reibungselektrizität, weshalb diese Schwefelkugel häufig als erste Elektriziermaschine bezeichnet wird. GUERICKE selbst ging es jedoch damit nicht um dieses spezielle Phänomen, sondern um eine adäquate Darstellung verschiedener sphärischer Wirkungen.

Abschließend einige Bemerkungen zu GUERICKEs Experimenten über das Vakuum, die ja wesentlich seine physikhistorische Bedeutung bestimmen. GUERICKE



GUERICKE'S
Luftpumpe
(Modelle
aus dem
Magde-
burger
Museum)

begann mit einem wassergefüllten Holzfaß, das er mit einer umgebauten Handfeuerspritze leerpumpen wollte. Ausgangspunkt war dabei die Überlegung, daß ein leerer Raum entstehen müßte, wenn man einen Körper aus einem Raum entfernt und dabei dafür sorgt, daß an dessen Stelle kein anderer Stoff treten könne. Doch die ersten Versuche mißlangen. GUERICKE ersetzte nun das Holzfaß durch eine Kupferkugel. Nach Überwindung weiterer Schwierigkeiten hatte er Erfolg: „Die Luft wurde ... vollständig entfernt, was ich daraus schloß, daß keine Luft mehr aus dem oberen Pumpenventil entwich. Als ich nunmehr den Hahn B öffnete, drang die äußere Luft mit solcher Gewalt ein, daß beinahe ein Mann, der nicht weit entfernt war, auf die Kugel geschleudert wurde.“ [1; S. 36]

Als nächstes versuchte GUERICKE, eine handhabbare echte Luftpumpe zu bauen; wesentlich dabei war die Trennung der Verbindung Gefäß-Pumpenstiefel durch Ventile. Mit einer solchen Pumpe konnte er eine Kugel von einem halben Meter Durchmesser in einer Stunde auf ca. 20 Torr evakuieren. GUERICKE'S Pumpenprinzip blieb über mehr als 200 Jahre nahezu unverändert, ehe es durch Vakuumpumpen abgelöst wurde. Bedeutend waren hierbei die Arbeiten GEISSLERS und GAEDES, die den Übergang zum Hochvakuum und Ultrahochvakuum ermöglichten.

Ein berühmter Schauversuch, den GUERICKE vielleicht auch in Regensburg durchgeführt hat (wahrscheinlich aber erst 1657 in Magdeburg), ist der mit den Halbkugeln, die 16 Pferde nicht auseinanderreißen konnten, während dies ein kleiner Junge durch Öffnen eines Ventils mühelos schaffte.

Mit einem weiteren Versuch, bei dem ein von 40 bis 50 Personen gehaltener Kolben in einen evakuierten Zylinder hineingezogen wurde, wies GUERICKE die Arbeitsfähigkeit des Luftdrucks nach; eine Vorleistung für die Erfindung der Dampfmaschine.

GUERICKE erdachte noch eine Vielzahl weiterer Versuche, um die Stärke des Luftdrucks und die Elastizität der Luft zu demonstrieren. Auch ein „Luftgewehr“, das die Saugwirkung des Vakuums ausnutzte, hat er konstruiert.



Der klassische Versuch
GUERICKEs,
die Magdeburger Halbkugeln
durch vorgespannte Pferde
auseinanderzureißen

Daß GUERICKE so große Geräte benutzte und nicht feine wissenschaftliche Instrumente wie die Italiener, hat neben dem Schauwert wahrscheinlich zwei wesentliche Ursachen:

- in Magdeburg fehlten Instrumentenbauer, aber man hatte geschickte Schmiede und Schlosser;
- GUERICKE besaß das Braurecht, und so hatte er seine ersten Experimentiergeräte – Fässer – in seinem Keller.

Von den Versuchen TORRICELLIS und PASCALs erfuhr GUERICKE erst auf dem Regensburger Reichstag, vermutlich durch SCHOTT. Offenbar aber ist seine Barometerkonstruktion doch eine eigene Erfindung. Es gelang ihm sogar mit diesem Wasserbarometer, das er in seinem Haus angebracht hatte, einen Sturm vorauszusagen.

Um 1642, als GALILEI starb und NEWTON geboren wurde, hatte GUERICKE vermutlich mit seinen berühmten Experimenten begonnen. Man kann GUERICKE damit als den ersten deutschen Forscher betrachten, der auf dem Gebiet der neuen experimentellen Naturwissenschaft erfolgreich wirkte.

Lebensdaten zu OTTO VON GUERICKE

1602	am 20. November in Magdeburg geboren
1609	„Astronomia Nova“ des J. KEPLER
1616	Dekret über das Verbot der copernicanischen Lehre
1617	GUERICKE beginnt sein Studium in Leipzig
1618	Beginn des Dreißigjährigen Krieges
1623	GUERICKE studiert in Leiden
1626	GUERICKE wird Mitglied des Magdeburger Rates
1645	etwa zu dieser Zeit begann GUERICKE mit seinen Experimenten über das Vakuum; er wird Bürgermeister von Magdeburg



Nachahmung
des Magdeburger
Halbkugel-
versuches
aus dem
Jahre 1977

- 1648 Ende des Dreißigjährigen Krieges
- 1650 etwa zu dieser Zeit entwickelte GUERICKE seine erste Luftpumpe
- 1654 GUERICKE führt seine Versuche auf dem Reichstag zu Regensburg vor
- 1657 „Mechanica hydraulico-pneumatica“ des CASPAR SCHOTT
- 1660 BOYLES erste Luftpumpe
- 1663 Schauversuche auf dem Hof des Großen Kurfürsten in Berlin; GUERICKE
schenkt ihm ein Exemplar der Luftpumpe (dritte Konstruktionsform)
- 1672 GUERICQUES „Experimenta nova“ erscheinen
- 1678 GUERICKE scheidet aus dem Magdeburger Rat aus
- 1681 Übersiedlung nach Hamburg
- 1686 21. Mai, GUERICKE stirbt in Hamburg

Literaturverzeichnis zu OTTO VON GUERICKE

- [1] Otto von Guericke über die Luftpumpe und den Luftdruck. Hrsg. von W. Bein (aus dem dritten Buch der Magdeburgischen Versuche), Voigtländers Quellenbücher, Bd. 20, Leipzig 1912.
- [2] Guericke, O. v.: Die Belagerung, Eroberung und Zerstörung der Stadt Magdeburg am 10./20. Mai 1631. Hrsg. von H. Kohl, Voigtländers Quellenbücher, Bd. 6, Leipzig 1912.
- [3] Hoffmann, F. W.: Otto von Guericke, Bürgermeister der Stadt Magdeburg. Verlag E. Baensch, Magdeburg 1874.
- [4] Kauffeldt, A.: Otto von Guericke, Philosophisches über den leeren Raum. Akademie-Verlag, Berlin 1968.
- [5] Kauffeldt, A.: Otto von Guericke. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1973.
- [6] Kossel, W.: Otto von Guericke's Forschungswege. In: „Die Naturwissenschaften“, 24 (1936) 20, S. 305 bis 309.
- [7] Middleton, W. E. Knowles: The Place of Torricelli in the History of the Barometer, Isis, 54 (1963) 1, S. 11 bis 28.



CHRISTIAAN HUYGENS

- [8] Nikiforowski, W. A./Freiman, L. S.: Wegbereiter der neuen Mathematik. Verlag Mir, Moskau/VEB Fachbuchverlag, Leipzig. 1978. S. 148 bis 179 (Torricelli).
- [9] Poske, F.: Zum Gedächtnis Otto von Guericke. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 4 (1902) 16, S. 362 bis 376.
- [10] Ronki, W.: Ewanshelista Torritschelli – Optik; Woprosy istorii jestestwosnanija i tehniki; 9/1960 S. 38 bis 50 (Moskwa).
- [11] Schiebold, E.: Otto von Guericke als Ingenieur und Physiker. In: Festschrift: Zehn Jahre TH Otto von Guericke. Magdeburg 1963, S. 9 bis 91.
- [12] Schimank, H.: Otto von Guericke. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, 19 (1929), S. 13 bis 30.
- [13] Subow, W. P.: Florentskie opyty Torritschelli – Wiwiani. Westnik istorii mirowoj kul'tury; N. 5/1958, S. 54 bis 66 (Moskwa).
- [14] Krafft, F.: Otto von Guericke. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1978.

CHRISTIAAN HUYGENS (1629 bis 1695)

Eine der bedeutendsten Persönlichkeiten des 17. Jahrhunderts auf physikalischem Gebiet war neben GALILEI und NEWTON CHRISTIAAN HUYGENS. Er trat vor allem mit mathematischen und mechanischen Untersuchungen hervor und erfand u. a. die Pendeluhr. Seine größte Leistung, die Undulationstheorie des Lichtes, fand erst im 19. Jahrhundert die ihr gebührende Anerkennung.

HUYGENS wurde am 14. April 1629 in Den Haag geboren, dem politischen Zentrum der „Republik der Vereinigten Provinzen“ (der Niederlande).

Im 16. Jahrhundert war es in den Niederlanden, dazu gehörten die heutigen Niederlande, Belgien, Luxemburg und Teile Nordfrankreichs, zu großen Fortschritten in der Landwirtschaft und im Fischereiwesen und zu einer forcierten Entwicklung der Manufakturen und des Binnen- und Seehandels gekommen. Diese Tendenzen setzten sich in den nördlichen Provinzen fort, nachdem diese das spanische Fremd-



SIMON STEVIN

joch abgeschüttelt und sich zur ersten bürgerlichen Republik zusammengeschlossen hatten.

HUYGENS stammte aus einer sehr vermögenden Familie, die mehrere große Landgüter besaß und in einflußreichen Positionen an den Befreiungskriegen teilgenommen hatte. So war der Großvater des Gelehrten als Sekretär der Prinzen von Oranien und des niederländischen Staatsrates tätig.

Einer der Zeitgenossen dieses CHRISTIAAN HUYGENS (des Älteren) war der Techniker und Wissenschaftler SIMON STEVIN (1548 bis 1620).

STEVIN wurde 1548 in Brügge geboren. Verschiedene Reisen führten ihn in den Ostseeraum, wo er sich mit dem Bau von Hafenanlagen und Wasserbauwerken vertraut machte. Seit 1582 erschienen in kurzer Folge eine große Anzahl von Veröffentlichungen STEVINS, die verschiedenen Gebieten zuzuordnen sind, z. B. der Mathematik, Geometrie, Zinsrechnung, dem Militärwesen, der Wasserbautechnik und der Nautik. Die physikalisch interessantesten Werke sind: „De Beghinselen der Weeghconst“ (Grundlagen der Statik), „De Weeghdaet“ (Angewandte Statik) und „Beghinselen des Waterwichts“ (Grundlagen der Hydrostatik). Sie erschienen 1586 und enthielten in einer für die damalige Zeit sehr klaren Darstellung die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten der Statik der festen Körper und der Flüssigkeiten. STEVIN brachte hier nicht nur Bekanntes, sondern entwickelte eine Reihe neuer vorwärtsweisender Gedanken; dem Experiment wurde eine wichtige Rolle zugewiesen, z. B. zur Bestätigung des von STEVIN gefundenen hydrostatischen Paradoxons. Bemerkenswert ist auch sein „Kugelkranzbeweis“, ein Gedankenversuch zur Gleichgewichtsbedingung an der geneigten Ebene.[1]

Zwischen 1586 und 1589 widmete sich STEVIN vorwiegend technischen Problemen (Konstruktion und Bau von Pumpanlagen und verbesserten Windmühlen). Sehr bekannt wurde er durch den Bau eines Segelwagens, mit dem auf den breiten Sandstränden der Nordsee erfolgreiche Fahrten durchgeführt wurden.

Am niederländischen Befreiungskampf war STEVIN aktiv beteiligt. Er gehörte seit 1593 der Armee des Prinzen MORITZ VON ORANIEN an und wurde 1604 Quartiermeister, war also für die Anlage der Feldlager verantwortlich.

Besonders erwähnenswert ist, daß STEVIN, der 1620 in Den Haag starb, seine Werke in holländischer Sprache verfaßte. Dadurch erschloß er dem aufstrebenden Bürgertum seines Landes, das im allgemeinen über keine Lateinkenntnisse verfügte, den direkten Zugang zu den Wissenschaften.

Auch CHRISTIAAN HUYGENS' Vater CONSTANTIN stand viele Jahre als Sekretär und Geheimschreiber in den Diensten der Prinzen von Oranien. Er war hochgebildet und besaß umfangreiche Kenntnisse auf vielen Gebieten.

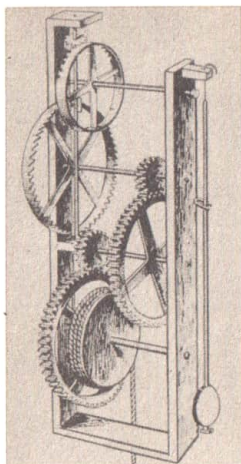
Soweit es ihm seine Verpflichtungen erlaubten, er mußte oft ausgedehnte Reisen in diplomatischen Missionen durchführen, übernahm er anfangs selbst die Erziehung und Ausbildung seiner Söhne. Wie umfangreich die auch durch Hauslehrer betriebene Ausbildung war, sollen einige Beispiele veranschaulichen. Bereits im Alter von neun Jahren konnte HUYGENS lateinisch. In den folgenden Lebensjahren vermittelte man ihm Anfangsgründe des Rechnens, weitere Sprachen (griechisch, französisch, italienisch) und Kenntnisse in Geographie, Logik und Mechanik. Die Mechanik wurde bald eines seiner Lieblingsfächer. Aber auch die schönen Künste gehörten zum Ausbildungsprogramm: Unterricht auf der Violine, der Laute, dem Clavicimbel. Selbst Tanz- und Reitunterricht durften nicht fehlen. Nur mit der lateinischen Dichtkunst konnte sich HUYGENS, im Gegensatz zu seinem Vater, nie recht befreunden.

Im Alter von 16 Jahren besaß HUYGENS die nötigen Kenntnisse und Fertigkeiten für die weitere Ausbildung an einer Universität, die damals schon in jungen Jahren bezogen wurde. Er studierte zunächst, entsprechend der Familientradition, Rechtswissenschaften an der Universität Leiden. Sehr intensiv widmete er sich aber auch dem Studium der Mathematik. Seine Studien setzte HUYGENS zwischen 1647 und 1649 in Breda fort. Eine Bildungsreise führte ihn im Jahre 1649 nach Dänemark.

Nach seiner Rückkehr veröffentlichte er einige kleinere mathematische Arbeiten. Sie bildeten den Beginn einer umfangreichen wissenschaftlichen Tätigkeit zwischen 1650 und 1657, die sich auf eine Reihe sehr unterschiedlicher Gebiete erstreckte und die ihn in der wissenschaftlichen Welt bekannt machte. So sind astronomische Beobachtungen mit selbstgefertigten Fernrohren zu erwähnen. Diese Teleskope waren erheblich besser, als die bis dahin benutzten Geräte, denn HUYGENS fand damit einen Jupitermond, einen Saturnbegleiter, den Orionnebel, erkannte die Existenz eines Ringes beim Saturn und wies auf der Jupiter- und Marsoberfläche Strukturen nach. Im gleichen Zeitraum (1656) erfand er auch die Pendeluhr.

Eine genaue Zeitmessung war im 16. und 17. Jahrhundert vor allem für die immer umfangreichere Schifffahrt zu einer dringenden Notwendigkeit geworden, da die Ortsbestimmung auf hoher See an genaue Zeitangaben gebunden war.

Zwar kannte man die mit einer Hemmung versehene Räderuhr bereits seit dem 12. Jahrhundert. Wegen ihrer Ungenauigkeit bevorzugte man aber meist Sand- und Wasseruhren. Nachdem GALILEI die Isochronität der Pendelschwingung entdeckt



Pendeluhr von HUYGENS

hatte, nutzte man auch diese zum Bestimmen kleiner Zeitspannen. Die geniale Idee HUYGENS' bestand nun darin, das Räderuhrwerk mit einem Pendel zu koppeln. Auch eine brauchbare konstruktive Lösung der damit im Zusammenhang stehenden Probleme wurde von ihm gefunden. HUYGENS war sich der großen Bedeutung seiner Erfindung durchaus bewußt. Eine Publikation erfolgte daher auch erst, nachdem ihm 1657 ein niederländisches Patent erteilt worden war.

Zwischen 1655 und 1664 unternahm HUYGENS mehrere Reisen nach Frankreich und England, bei denen er die bekanntesten Wissenschaftler seiner Zeit persönlich kennenlernte, die ihn als einen der ihren anerkannten. Das zeigte sich unter anderem darin, daß er 1663 während eines Londoner Aufenthaltes zum Mitglied der Royal Society gewählt wurde. Auch in Frankreich war man an einer Zusammenarbeit mit ihm interessiert. Entsprechende Sondierungen führten dazu, daß HUYGENS schon 1663 seine Mitarbeit an der erst zu gründenden (1666) Académie Royal Francaise in Paris zusagte.

HUYGENS blieb fast 16 Jahre als Akademiemitglied in Paris; nur zwei krankheitsbedingte Aufenthalte führten ihn zeitweise in seine Heimat. Zu Beginn seiner Akademietätigkeit hatte HUYGENS eine 30 Punkte umfassende Themenliste aufgestellt, die er COLBERT zur Bestätigung vorlegte und die astronomische Beobachtungen, optische und mechanische Untersuchungen u. a. vorsah. Besonders bemerkenswert sind einige „praktische Problemstellungen“ wie: „Die Kraft von Schießpulver zu versuchen, indem man es in kleiner Menge in eine sehr dicke eiserne ... Büchse einschließt... In derselben Weise die Kraft durch Feuer verflüchtigten Wassers (also Dampf, R. G.) zu erproben... Die Kraft und Schnelligkeit des Windes zu untersuchen und den Gebrauch, den man davon für die Seefahrt und bei Werkzeugen macht...“ (zitiert nach [2; S. 60f.]).

Überhaupt hielt HUYGENS planmäßige Experimente in den Wissenschaften für unerlässlich. Seine eigenen Untersuchungen zum Luftdruck – sie führten 1661 zu Verbesserungen der Luftpumpe – dürften zu den oben genannten Aufgabenstellun-

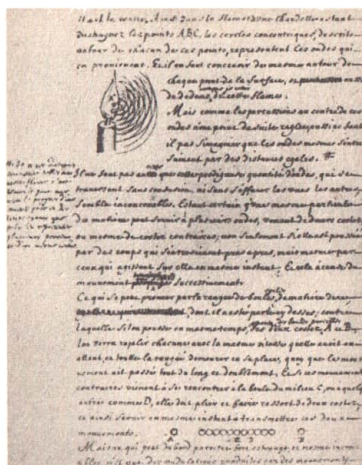
gen Anlaß gewesen sein. Entsprechende Versuche zu einer atmosphärischen „Pulverkraftmaschine“ wurden auch tatsächlich von HUYGENS, zusammen mit D. PAPIN, der von 1673 bis 1680 sein Assistent war, unternommen, aber wegen der erheblichen konstruktiven Schwierigkeiten (Kolbendichtung, Ventile) wieder eingestellt. PAPIN setzte diese Versuche später fort. [3; S. 25f.]

Von den vielfältigen wissenschaftlichen Arbeiten HUYGENS' während seines Aufenthaltes in Paris kann nur auf einige wenige eingegangen werden. Größte Beachtung fand seine 1673 in lateinischer Sprache veröffentlichte Abhandlung „*Horologium oscillatorium...*“ [4], in der zunächst die Pendeluhr in allen Einzelheiten beschrieben wurde, die in verbesserter Ausführung ein sogenanntes Zykloidenpendel besaß. Der Nachweis, daß nur ein derartiges Pendel eine von der Amplitude unabhängige Schwingungsdauer hat, war eine gewaltige mathematische Leistung. Realisiert wurde das Zykloidenpendel dadurch, daß das Pendel an Fäden befestigt war, die sich beim Schwingen des Pendels an Blechstreifen anlegten. Diese hatten die Form von Zykloiden. Die Zykloidenpendeluhr setzte sich aber nicht durch. Eine weitere Erfindung HUYGENS' ist die Taschenuhr mit Unruhe, die er unabhängig von HOOKE 1674 konstruierte und bauen ließ.

Die Schrift „*Horologium*“ enthält noch weitere wichtige mathematische und mechanische Untersuchungsergebnisse, die heute zum physikalischen Grundwissen gehören. So findet man die Lösung einer Aufgabe, die MERSENNE 1646 den Wissenschaftlern und speziell dem damals 17jährigen HUYGENS gestellt hatte: die Bestimmung des Schwingungsmittelpunktes und der Schwingungsdauer physikalischer Pendel. Auch die Schwingungsdauer eines mathematischen Pendels für beliebig weite Ausschläge wurde von ihm exakt bestimmt, das Reversionspendel beschrieben und – implizit – erstmalig die Erdbeschleunigung aus den Gesetzmäßigkeiten der Pendelschwingung berechnet. Schließlich sind noch wichtige Aussagen zur Zentrifugal- und Zentripetalkraft bzw. -beschleunigung zu erwähnen, die sich aus den Untersuchungen der Pendelschwingungen ergaben und die in ausführlicher Form 1703 (nach HUYGENS' Tod) veröffentlicht wurden. Dort findet man – allerdings noch nicht in Gleichungsform – bereits die auch heute noch benutzten Aussagen über Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Kräfte bei der Kreisbewegung. [7; S. 35 ff.]

Eine andere bemerkenswerte Arbeit HUYGENS' aus dem Jahre 1669 befaßte sich mit den Gesetzmäßigkeiten des elastischen Stoßes. In sehr geschickter Weise bediente er sich dabei der Deduktion, indem er, von einer Grundannahme ausgehend, die Relativität der Bewegung einbezog und dadurch zu speziellen Aussagen gelangte. [7; S. 3 ff.] Die Beweisführung wurde ebenfalls erst postum 1703 veröffentlicht. Unter den genannten „Voraussetzungen“ findet sich auch eine bemerkenswert exakte Formulierung des Trägheitsgesetzes: „Ein einmal bewegter Körper setzt, wenn ihm nichts entgegensteht, seine Bewegung beharrlich mit derselben Geschwindigkeit und in gerader Linie fort.“ [7; S. 3]

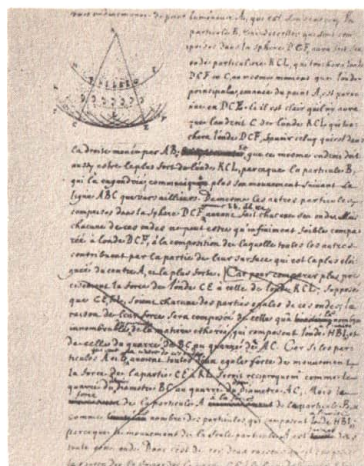
Im Jahre 1681 kehrte HUYGENS in seine niederländische Heimat zurück. Möglicherweise war die sich abzeichnende Aufhebung des Edikts von Nantes dafür maßgebend, durch das der Protestant HUYGENS im streng katholischen Frankreich einen



Seite aus dem Manuskript
der „Abhandlung über das Licht“ von HUYGENS:
Ausbreitung von Lichtwellen

gewissen Schutz genossen hatte. Zunächst widmete er sich zwischen 1681 und 1687 erneut optischen und astronomischen Untersuchungen. Unter anderem baute er Fernrohre großer Länge, um die sphärischen Abbildungsfehler durch geringe Linienkrümmungen – was aber große Brennweiten mit sich brachte – möglichst gering zu halten. Die Herstellung hyperbolischer Linsen in der erforderlichen Güte hielt er technisch noch nicht für möglich. Die langbrennweitigen Fernrohre HUYGENS' wurden als sogenannte „Luftfernrohre“, d. h., ohne Hüllen gebaut, die sich leichter handhaben ließen. Die erneute Beschäftigung mit der Optik war sicherlich der Hauptgrund dafür, daß HUYGENS eine ältere Arbeit wieder aufgriff, deren wesentlichen Inhalt er bereits 1678 der Pariser Akademie vorgetragen hatte. Unter Berücksichtigung neuerer Ergebnisse, so des Nachweises einer endlichen Lichtgeschwindigkeit durch O. RÖMER, überarbeitete und ergänzte HUYGENS seine Ansichten zur Natur des Lichtes und veröffentlichte sie 1690 in französischer Sprache unter dem Titel: „Traité de la lumière ...“ (deutsch etwa: Abhandlung über das Licht), worin die Ursachen bei seiner Reflexion und Brechung und insbesondere bei der seltsamen Brechung des isländischen Kristalls dargelegt werden. [5] [6]

HUYGENS war zwar nicht der erste, der eine Wellennatur des Lichtes postulierte. Aber erstmalig wurde eine relativ klare, logisch einwandfreie Wellenhypothese aufgestellt und auf eine Reihe von optischen Vorgängen angewandt, wie: ungehinderte geradlinige Ausbreitung des Lichtes, Reflexion an Hindernissen, Brechung in durchsichtigen Medien, atmosphärische Strahlenbrechung, Brechung im Kalkspat. Im Mittelpunkt aller Beweisführungen steht die Annahme einer unwägbaren, feinen Substanz, des Lichtäthers, der alle Stoffe durchdringen soll und auch im freien Raum vorhanden ist, sowie das bekannte Huygenssche Prinzip. Unter Benutzung des Elementarwellenbegriffs erhielt HUYGENS das Brechungsgesetz, das von seinem Landsmann WILLEBRORD SNELL VAN ROYEN (1580 bis 1626) wahrscheinlich schon etwa 1621 gefunden worden war.



Seite aus HUYGENS' Manuskript:
Erklärung der geradlinigen Ausbreitung des Lichts
nach dem Huygensschen Prinzip

SNELL, latinisiert auch SNELLIUS, war ein niederländischer Mathematiker. Er wurde 1580 in Leiden geboren. In seiner Jugend führten ihn Reisen nach Würzburg, Prag, Paris und in die Schweiz. Im Jahre 1608 erwarb er den Magistergrad und hielt bereits seit 1609 an der Universität in Leiden mathematische und astronomische Vorlesungen. Ein Jahr später trat er die Nachfolge seines Vater als Professor für Mathematik an. Eine Vielzahl von Veröffentlichungen weisen ihn als einen Mathematiker von Rang aus, der u. a. als erster eine Meridianvermessung 1617 abschloß. SNELL hielt auch Optikvorlesungen. Das Brechungsgesetz soll, wie HUYGENS und andere Wissenschaftlicher bezeugen, in einer später verlorengegangenen Handschrift SNELLS enthalten gewesen sein. SNELL starb 1626 in Leiden.

Ein Musterbeispiel systematischer Untersuchungen sind die Darlegungen HUYGENS' über die Doppelbrechung des Kalkspats. Die Existenz zweier Strahlen wurde durch eine richtungsabhängige Ausbreitungsgeschwindigkeit erklärt, die ihre Ursachen im Kristallaufbau hat, und HUYGENS stellte fest, daß sich die beiden Strahlen nach dem Austritt aus dem Kristall in ihren Eigenschaften unterscheiden.

Auf einige wichtige optische Erscheinungen ging HUYGENS in der „Abhandlung vom Licht“ allerdings überhaupt nicht ein. So fehlt die 1665 bekanntgewordene Beugung des Lichtes. Es ist denkbar, daß HUYGENS diese Erscheinung deshalb unberücksichtigt ließ, weil sie mit seiner Erklärung der Schattenbildung im Widerspruch stand. Daß die Behandlung der Farben weggelassen wurde, begründete er damit, daß sich noch „...niemand bis jetzt eines Erfolges rühmen kann...“ ([5; S. 5]) und daß jede Theorie stets Probleme offen lasse.

Tatsächlich enthielt aber die Huygenssche Wellenauffassung eine Reihe von ernsthaften Mängeln. Eine genauere Analyse zeigt, daß ihr letztlich Stoßvorstellungen zugrunde lagen. Verschiedene Begriffe der heutigen Wellenlehre, wie Wellenlänge und Frequenz, fehlen bei HUYGENS, so daß notwendigerweise die Behandlung der Dispersion unmöglich war.

Diese und andere Mängel des Wellenmodells – sie wurden erst im 19. Jahrhundert durch FRESNEL und andere beseitigt – führten dazu, daß die Undulationstheorie zunächst abgelehnt wurde, zumal die Newtonsche Korpuskularhypothese nach NEWTONS Tode nahezu dogmatischen Charakter erlangte.

Die letzten Lebensjahre HUYGENS' sind von einer zunehmenden Verschlechterung seines Gesundheitszustandes überschattet. Durch Kriege hatte sich sein Vermögen erheblich vermindert, ohne daß er jedoch in finanzielle Schwierigkeiten gekommen wäre. Seine letzte große Arbeit „Kosmothetoros“ (über das Weltall, die Natur und Bewohnbarkeit anderer Welten), in der er sich zum heliozentrischen Weltbild bekannte, erschien erst postum 1698.

HUYGENS, der nicht verheiratet war, starb am 8. Juni 1695 in Den Haag. Seine gesammelten Werke, dazu gehört auch ein umfangreicher Briefwechsel mit vielen wissenschaftlichen Zeitgenossen, umfassen 20 Bände. Sie weisen ihn als einen der großen Wissenschaftler des 17. Jahrhunderts aus, der die Natur auf mechanistischer Grundlage zu begreifen suchte.

Lebensdaten zu CHRISTIAAN HUYGENS

1629	am 14. April in Den Haag geboren
1645 bis 1649	Jurastudium in Leiden, intensive Beschäftigung mit der Mathematik
1649	Reise nach Holstein und Dänemark
1651 bis 1654	Veröffentlichung erster mathematischer Arbeiten
1655	Reise nach Frankreich. HUYGENS erwirbt an der Universität Angers den Doktorgrad der Rechte. Besuch von Paris
1655 bis 1657	Astronomische Beobachtungen mit selbstgebaute Fernrohren. Arbeiten über den elastischen Stoß. Veröffentlichung zur Wahrscheinlichkeitsrechnung („Rekening in Spelen von Gheluck“)
1657	Erfindung der Pendeluhr (Patent der Generalstaaten vom 16. Juni)
1658	Erste Beschreibung der Pendeluhr
1660	Neues Verfahren zum Schleifen von Linsengläsern
1660 bis 1661	Zweite Reise nach Frankreich. Besuch Englands
1661	Beginn der Luftdruck- und Vakuumuntersuchungen
1663 bis 1664	Reisen nach London (Mitglied der Royal Society) und Paris (Zusage zur Mitarbeit an der zu gründenden Akademie)
1666	Übersiedlung nach Paris als besoldetes Mitglied der Académie Royal Francaise
1673	Veröffentlichung von „Horologium oscillatorium“
1673 bis 1674	Arbeiten zur Pulverkraftmaschine
1674	Erfindung der Taschenuhr mit Unruhe
1678	Vortrag der Undulationstheorie des Lichtes in der Pariser Akademie
1681	Rückkehr in die Niederlande. Erneute optische Untersuchungen. Bau von Luftfernrohren
1689	Reise nach London. Zusammentreffen mit NEWTON
1690	„Abhandlung über das Licht“ erscheint in französischer Sprache in Leiden
1695	8. Juni, HUYGENS stirbt in Den Haag.

Literaturverzeichnis zu CHRISTIAAN HUYGENS

- [1] Grabow, R.: Simon Stevin. In: „Physik in der Schule“, Berlin 6 (1968) 4, S. 151 bis 159.
- [2] Bosscha, J.: Christiaan Huygens. Verlag W. Engelmann, Leipzig 1895.
- [3] Friedt, H.: Zur Geschichte der Dampfmaschine. Bücher für den Schüler. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1964.
- [4] Huygens, Ch.: Die Pendeluhr. Horologium oscillatorium. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 192, Verlag W. Engelmann, Leipzig 1913.
- [5] Huygens, Ch.: Abhandlung über das Licht. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 20, Verlag W. Engelmann, Leipzig 1913.
- [6] Die Schöpfer der physikalischen Optik. Eine Artikelsammlung. Wissenschaftliche Taschenbücher, herausgegeben von W. I. Roditschew und U. I. Frankfurt, Band 195, Akademie-Verlag, Berlin o. J. (1977).
- [7] Christiaan Huygens' nachgelassene Abhandlungen: Über die Bewegung der Körper durch den Stoß – Über die Centrifugalkraft. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 138, Verlag W. Engelmann, Leipzig 1903.

ISAAC NEWTON (1643 bis 1727)

ISAAC NEWTON steht im Zenit der Wissenschaftlichen Revolution, die im beginnenden 17. Jh. von Italien ausging (GALILEI) und mit der Herausbildung der klassischen Mechanik ihren Abschluß fand. Zugleich wurde die Mechanik NEWTONS mit ihrem axiomatischen Aufbau und der mathematischen Strenge bis weit in das 19. Jh. hinein zum Vorbild für andere Teildisziplinen der Physik und vermochte zusammen mit der Erkenntnis einer allumfassenden Gravitation wesentlichen Einfluß auf das Weltbild auszuüben. Die Erklärung der spektralen Zerlegung des Lichts, die Entwicklung der Fluxionsrechnung (Differentialrechnung) und eine Reihe anderer bedeutender Leistungen auf dem Gebiet der Mathematik oder auch umfangreiche chemische Studien gehören ebenso zum Bild der Persönlichkeit NEWTONS, wie seine Verdienste um die Reorganisation der englischen Währung als Meister der königlichen Münze und seine langjährige Stellung als Präsident der berühmten Royal Society.

NEWTON erblickte am 25. 12. 1643 nach dem Julianischen Kalender auf einem Gut in Woolsthorpe nahe dem mittellenglischen Städtchen Grantham das Licht der Welt. Sein Vater starb noch vor der Geburt des Sohnes, so daß die ganze Last der Erziehung allein der Mutter zufiel. Als sie bald nach dem Tode ihres Mannes wieder heiratete, überließ sie den kleinen Sohn der Obhut ihrer Mutter und ihres Bruders. Der Rektor der Schule in Grantham, die NEWTON inzwischen besuchte, setzte gemeinsam mit dessen Onkel durch, daß der begabte Junge sich in Grantham auf die Universität vorbereiten konnte. Die inzwischen erneut verwitwete Mutter hätte ihn freilich lieber als Landwirt auf dem eigenen Hofe in Woolsthorpe gesehen.

Aus den Erinnerungen seiner Schulgefährten tritt uns NEWTON als ein etwas zurückgezogener, vielseitig interessierter Junge entgegen, der bastelt, experimentiert



und durchaus zu Streichen aufgelegt ist. Bei einem nächtlichen Drachenaufstieg schreckte er die Gutsbewohner mit Kerzenlichtern, die er zum Drachen an der Schnur aufsteigen ließ, versuchte aber auch, die Zugkraft des Drachens zu bestimmen.

In Grantham lebte NEWTON bei einem Apotheker, was ihn zu chemischen Versuchen anregte. Hier begegnete er auch seiner Jugendliebe. Mit ihr blieb er bis ins hohe Alter hinein in freundschaftlichem Kontakt. Eine Nichte führte ihm später den Haushalt, denn NEWTON blieb unverheiratet.

Im Jahre 1661 bezog NEWTON das berühmte Trinity College zu Cambridge, wo er als „subserver“ im Hinblick auf seine mißliche Vermögenslage zwar einige Vergünstigungen erhielt, dafür aber den wohlhabenden Studenten zu allerlei Handreichungen zur Verfügung zu stehen hatte. Eine auch für NEWTON entscheidende Wende trat 1663 mit der Stiftung des sog. Lucasischen Lehrstuhls ein. Der Inhaber dieses ganz den Interessen des Bürgertums verpflichteten naturwissenschaftlichen Lehrstuhls hatte im Wechsel Vorlesungen über Geographie, Physik, Astronomie und verschiedene Gebiete der Mathematik zu halten. BARROW wurde als erster Lucasischer Professor bald auf seinen Schüler NEWTON aufmerksam. Als 1665 infolge einer ganz England heimsuchenden verheerenden Pestepidemie auch die Universität Cambridge den Lehrbetrieb unterbrechen mußte, zog sich NEWTON nach Woolsthorpe zurück. Dort entwickelte er in fast zwei Jahre während der Abgeschiedenheit die Grundideen seiner Naturauffassung, die er später durch zähe Kleinarbeit geistig durchdrungen, vertieft und durch geschickte Experimente oder den vollendeten Gebrauch der Mathematik untermauert hat.

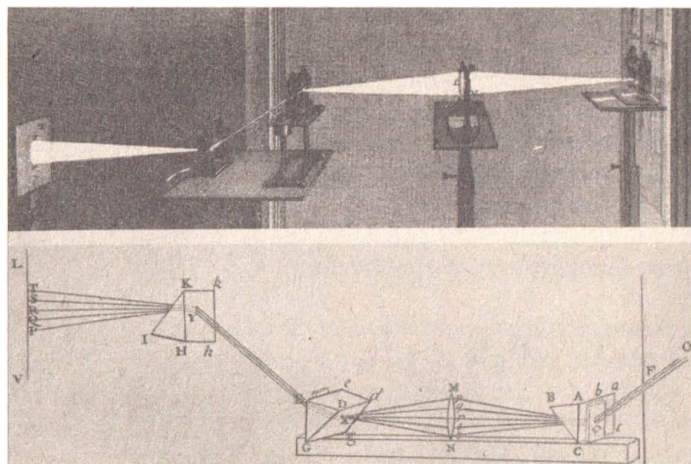
In diese Zeit fallen nach NEWTONS eigenen Angaben auch seine wichtigsten mathematischen Entdeckungen. Die Beschäftigung mit der Reihenlehre und deren Weiterentwicklung führte ihn auf die Infinitesimalrechnung. Den Kernpunkt bildet dabei die gedankliche Bewältigung des Rechnens mit „fließenden Größen“, also mit Variablen. NEWTON behandelte dieses Problem vom Standpunkt der Physik aus:

Alle physikalischen Größen hängen von der unabänderlich verfließenden Zeit ab und werden als „Fluents“ bezeichnet. Die Geschwindigkeiten heißen Fluxionen und sind im heutigen Sinne die Zeitableitungen, die auch jetzt noch manchmal wie bei NEWTON durch einen Punkt bezeichnet werden.

Wie viele Ergebnisse NEWTONS gelangten auch seine mathematischen Entdeckungen sehr spät zum Druck, teilweise erst, als die Fluxionsrechnung inhaltlich bereits durch den „calculus“ von LEIBNIZ, die heute gebräuchliche Form der Infinitesimalrechnung, überholt war. Um diese Entdeckung entspann sich ein erbittert geführter, unfruchtbarer Prioritätsstreit zwischen den beiden Gelehrten und ihren jeweiligen Anhängern.

Noch war aber NEWTONS Ausbildung nicht abgeschlossen: Nachdem er 1664 zum Scholaren gewählt worden war, erklimm er binnen fünf Jahren die Stufen der Professur: 1667 „minor fellow“, 1668 „major fellow“ und gleich darauf „master of arts“ hießen die Stationen. 1669 schließlich verzichtete BARROW zugunsten seines Schülers auf den Lucasischen Lehrstuhl und verschaffte dem nunmehr 26jährigen Gelehrten damit einigermaßen gesicherte Arbeitsmöglichkeiten. In den acht Vorlesungsstunden je Jahr, zu denen NEWTON verpflichtet war, berichtete er über seine Forschungsergebnisse, deren neuartige Ideen aber trotz aller Bemühungen bei den im mittelalterlichen Denken befangenen Studenten kaum auf Resonanz stießen.

In NEWTONS Forschungsarbeit traten, sicher noch angeregt durch die Mitarbeit bei der Veröffentlichung der „Optik“ BARROWS, zunächst optische Studien in den Vordergrund. Zwar befand sich die Optik in der zweiten Hälfte des 17. Jh. in stürmischer Entwicklung, doch bewegte sie sich mit ihren theoretischen Grundlagen auf sehr unsicherem Boden. Mikroskop und Fernrohr verschafften den Forschern tieferen Einblick in die Mikro- und Makrowelt, aber die Entwicklung der Linsenfernrohre z. B. war ins Stocken geraten, denn zur Verminderung der sphärischen Aberration mußte man zu immer größeren Brennweiten und damit Konstruktionslängen übergehen, während die chromatische Aberration allgemein für unvermeidbar gehalten wurde. Verschiedene Gelehrte kamen auf der Suche nach neuen Lösungen unabhängig voneinander auf die Idee, statt der Linsen einen sphärischen Spiegel zu benutzen. NEWTON gebührt das Verdienst, als erster diesen Gedanken verwirklicht zu haben. 1668 stellte er ein erstes Instrument fertig. Mit diesem Spiegelteleskop von nur 25 mm Spiegeldurchmesser und 150 mm Gesamtlänge konnte man immerhin die Jupitermonde und die Phasen der Venus beobachten. Im Jahre 1671 legte NEWTON ein zweites, wesentlich verbessertes Gerät der Royal Society zur Prüfung vor. Es wurde dem König vorgeführt und fand dessen Beifall. Am 11. 1. 1672 wurde ISAAC NEWTON daraufhin zum Mitglied der Royal Society gewählt und kam so mit den führenden Experimentalwissenschaftlern Englands in Kontakt. Sehr bald danach überreichte er dem Gremium seine „Neue Theorie des Lichtes und der Farben“, worin er mit neuartigen, entscheidenden Experimenten – einem „experimentum crucis“ – die Prismenfarben Strahlen unterschiedlicher Brechbarkeit zuordnete. Die zurückhaltende, teilweise sogar feindselige Aufnahme dieser von ihrem Autor hoch geschätzten Arbeit ließ NEWTON wesentlich vorsichtiger mit der Veröffentlichung seiner Ergebnisse werden: Erst wenn alle erdenklichen Ein-

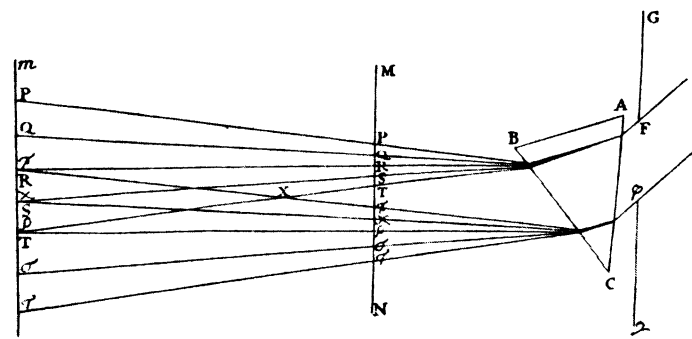


NEWTONS Versuch
zur
Lichterzerlegung
mit dem Prisma

wände berücksichtigt waren, und auch dann oft erst auf Drängen seiner Freunde, fand er sich zur Bekanntgabe seiner Forschungsergebnisse bereit.

Für die Dispersion entwickelte NEWTON, zunächst auf ältere Vorstellungen von Lichtkörperchen zurückgehend und in Auseinandersetzung mit der von HOOKE und HUYGENS vertretenen Undulationstheorie, seine Korpuskulartheorie, wobei sich gelegentlich aber auch Vorstellungen zur wellenartigen Natur des Lichts finden. Die Korpuskulartheorie des Lichts fügte sich gut in die Vorstellung einer allgemeinen Gravitation und in die Prinzipien der klassischen Mechanik ein und hat wohl nicht zuletzt deshalb, aber auch wegen ihrer Anschaulichkeit und der Autorität NEWTONS bis zum Beginn des 19. Jh. ihre Vorrangstellung behauptet. Dessenungeachtet bereitete die Erklärung einiger besonders eng mit dem Wellencharakter des Lichts verbundenen Erscheinungen, wie z. B. der Beugung oder der Farben dünner Plättchen, schon NEWTON große Schwierigkeiten, so daß er sich nicht eindeutig für die korpuskuläre Natur des Lichts aussprach. Er setzte sich deshalb auch eingehend mit den Vorstellungen vom Äther auseinander. Die Beschäftigung mit den Theorien von DESCARTES führte ihn fast zwangsläufig auf die Frage nach der Bewegung der Himmelskörper.

RENE DESCARTES (CARTESIUS), Angehöriger des mittleren französischen Adels, wurde am 31. 3. 1596 in La Haye in der Nähe von Tours geboren. Er beschäftigte sich während und vor allem nach seinem Militärdienst – DESCARTES nahm z. B. an mehreren Schlachten des Dreißigjährigen Krieges teil – besonders mit philosophischen, mathematischen und physikalischen Problemen. Nach umfangreichen Reisen, auf denen er vielfältige, vor allem wissenschaftliche Kontakte knüpfte, und nach einigen bewegten Jahren in Frankreich lebte er ab 1628 zwanzig Jahre lang in Holland, um unbehelligt von den in seiner Heimat heranreifenden theologischen und sozialen Auseinandersetzungen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit nachgehen zu können. Seine umfangreichen und vielseitigen Studien sind in der Mathematik,



Skizze NEWTONS über den Prismenversuch zur Lichtzerlegung

wo noch heute das cartesische Koordinatensystem seinen Namen trägt, in der Optik, Mechanik, Chemie, Astronomie, Embryologie, Anatomie, Medizin und Meteorologie, besonders aber auf philosophischem Gebiet angesiedelt. DESCARTES starb, erst 53jährig, am 11. 2. 1650 in Stockholm an einer Lungenentzündung, die er sich im winterlichen Schweden zuzog, wo er die Königin Christine in Philosophie unterrichtete. Sein Wirken zielte darauf ab, alle Erscheinungen der Welt rationalistisch zu erklären und nach dem Vorbild der Mathematik in einen universellen Zusammenhang zu bringen – eine Vorstellung, die rasch zur ideologischen Plattform der französischen Bourgeoisie wurde.

NEWTON setzte sich besonders mit DESCARTES' Modell der Himmelsbewegung auseinander, demzufolge die Himmelskörper durch Wirbel des Weltäthers mitgeführt werden sollten, selbst aber relativ zu ihrer nächsten Umgebung ruhen. Dieser hypothetischen, weithin aufgenommenen, aber physikalisch wenig stichhaltigen Erklärung stellte NEWTON das durch Experimente und Beobachtungen überprüfbare, mathematisch erfaßbare universelle Wirken der Schwerkraft entgegen. Aus den experimentell bestätigten Keplerschen Gesetzen leitete er das quadratische Abstandsgesetz für die Gravitation her und erhielt daraus umgekehrt die Kegelschnitte als Bahnkurven für die Himmelskörper. Dieses Ergebnis wurde zwar damals schon von einigen Forschern, u. a. von NEWTONS ewigem Widersacher HOOKE, vermutet, aber weder HOOKE noch WREN, der Erbauer der Londoner St. Pauls Cathedral, noch der junge Astronom und spätere Sekretär der Royal Society, HALLEY, konnten im wissenschaftlichen Wettstreit die Richtigkeit dieser Annahme beweisen. Schließlich wandte sich HALLEY im Jahre 1684 an NEWTON mit der Frage, auf welcher Bahn sich ein Planet unter dem Einfluß einer mit dem Quadrat des Abstandes abnehmenden Zentralkraft bewegen müsse. NEWTON soll sofort die Ellipse genannt haben mit der Bemerkung, er habe es berechnet. Da er die Berechnung im Augenblick nicht finden konnte, versprach er, sie HALLEY zu schicken. Nach Überarbeitung

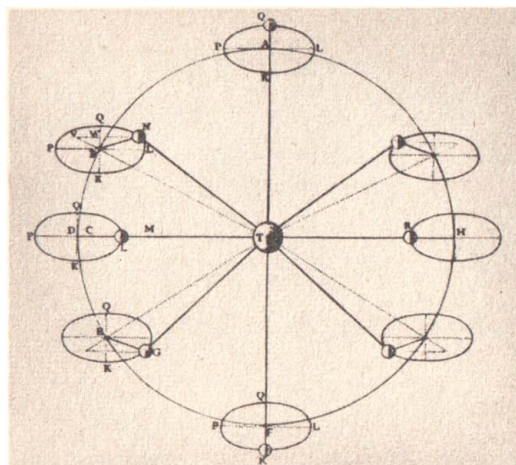


Abbildung
zur Gravitationstheorie
aus NEWTONS „Principia“

und Erweiterung erhielt HALLEY drei Monate später das versprochene Manuskript, aber erst auf dringendes Anraten des Astronomen entschloß sich NEWTON, die Abhandlung „De motu“ (Über die Bewegung) bei der Royal Society zur Wahrung seiner Prioritätsansprüche zu hinterlegen. Sie bildete später einen Teil von NEWTONS Hauptwerk „Philosophiae naturalis principia mathematica“ (Mathematische Prinzipien der Naturwissenschaft). Dieses Werk entstand in einer Periode angestrengter Arbeit und erschien 1687 im Druck.

Zum ersten Mal werden darin in systematischer Form die Grundlagen der klassischen Mechanik herausgearbeitet, die für längere Zeit zum Vorbild einer exakten Naturwissenschaft wurde. Auch die englischen, besonders aber die französischen Materialisten orientierten sich an der klassischen Mechanik, deren weitere Entwicklung in den Händen von D'ALEMBERT, LAGRANGE und LAPLACE dem mechanischen Determinismus bis zum Ende des 19. Jahrhunderts entscheidendes Übergewicht verlieh. NEWTON selbst beschränkte sich mit Vorbedacht auf die Erklärung der Erscheinungen: „Alles nämlich, was nicht aus den Erscheinungen folgt, ist eine Hypothese, und Hypothesen, seien sie nun metaphysische oder physische, mechanische oder diejenigen der verborgenen Eigenschaften, dürfen nicht in die Experimentalphysik aufgenommen werden.“

Die „Principia“ umfassen drei Bücher. Am Anfang stehen Begriffsdefinitionen wie Masse, Bewegungsgröße (Impuls), Trägheitskraft, Zentripetalkraft, denen die bekannten NEWTONschen Axiome folgen. Mit diesen Voraussetzungen behandelt NEWTON, scheinbar rein mathematisch und nur in sog. Scholien gelegentlich den physikalischen Hintergrund andeutend, im ersten Buch eine Reihe von Bewegungsproblemen, um bei vorgegebener Bahnkurve das Kraftgesetz zu finden und umgekehrt. Von der Behandlung der Kraftwirkung zwischen Massepunkten geht NEWTON dann zu ausgedehnten Körpern und deren gegenseitiger Anziehung über, wobei es die Wechselwirkung aller Korpuskeln, aus denen die Körper bestehen, zu berücksichtigen gilt. Mit dem Blick auf die Korpuskeltheorie des Lichts wird am

Schluß des ersten Buches das Verhalten sehr kleiner Körper gesondert betrachtet.

Im folgenden zweiten Buch behandelt NEWTON die Bewegung von Körpern in einem Medium, um nach Versuchen mit Luft und Wasser auch den Widerstand zu bestimmen, den der Äther der Bewegung entgegensetzen müßte. Überlegungen zur Berechnung der Licht- und Schallgeschwindigkeit gehen von diesen Vorstellungen aus. Mit diesen für die Hydromechanik so wesentlichen Betrachtungen gelangt NEWTON zu der Feststellung, daß die Himmelsbewegung nicht durch Wirbel des Äthers erklärt werden kann, da sich sonst offenkundige Widersprüche zu den astronomischen Beobachtungen ergäben.

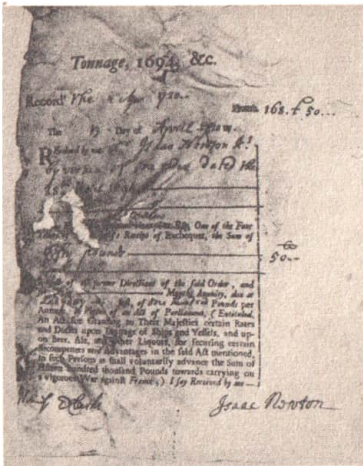
Im dritten Buch werden anhand allgemeiner Regeln die mathematischen Ergebnisse mit Erfahrungstatsachen aus der Natur verknüpft und praktische Schlußfolgerungen gezogen. Vor allem charakterisiert NEWTON die Gravitation als allumfassende Wechselwirkung, aus der er Ebbe und Flut, die Planetenbahnen und die wesentlichen Bahnstörungen des Mondes berechnet. Damit war die physikalische Theorie der Planeten- und Mondbewegung aufgestellt, mathematisch formuliert und für die praktische Berechnung handhabbar gemacht worden.

In den zwei Neuausgaben der „Principia“, die 1713 bzw. 1726 noch zu Lebzeiten NEWTONS erschienen, hat er vor allem weiteres Beobachtungsmaterial ausgewertet, um seinen Standpunkt zu erhärten. An der Bearbeitung der zweiten Ausgabe war der junge Mathematiker COTES maßgeblich beteiligt. Er hat wesentliche Aussagen bedeutend verschärft oder verabsolutiert und damit NEWTON für die Nachwelt zum Begründer der Korpuskulartheorie und zum Verfechter der unmittelbaren Fernwirkung werden lassen, obwohl NEWTON selbst sich vorsichtigerweise nie endgültig für die eine oder andere Vorstellung entschieden hat.

Mit den „Principia“ hat NEWTON den Höhepunkt seines Schaffens erreicht, danach, im Jahre 1704, erschien nur noch das bereits seit dreißig Jahren im Manuskript fertiggestellte Buch „Optics“, das NEWTON so lange zurückgehalten hatte, um Streitigkeiten mit HOOKE aus dem Wege zu gehen.

Neben seinen mathematisch-physikalischen Untersuchungen hat NEWTON auch ausgedehnte chemische Versuche angestellt. Zunächst suchte er lange nach einem geeigneten Spiegelmaterial für seine Teleskope. Und mußte es nicht gelingen, die kleinsten Teilchen der Materie voneinander zu trennen und neu zu einem anderen Stoff zu vereinigen? Diese Studien im Grenzfeld zwischen Chemie und Alchemie sind ohne Ergebnis geblieben. Auch die theologischen Spekulationen NEWTONS waren haltlos: Er versuchte u. a. anhand gewisser naturwissenschaftlicher Anhaltspunkte eine neue Chronologie aufzustellen und die relativ kurze biblische Geschichte mit der umfassenden und auch belegbaren Geschichte des Altertums zeitlich in Einklang zu bringen.

Wohl infolge der übermäßigen geistigen Anspannung beim Abfassen der „Principia“, möglicherweise dadurch ausgelöst, daß sein Lieblingshund eine brennende Kerze umstieß und bei dem entstehenden Brand wertvolle Manuskripte vernichtet wurden, litt NEWTON in den Jahren 1690 bis 1693 an Depressionen und zeitweiliger Geistesverwirrung. Seine Freunde versuchten zwar, die Erkrankung zu vertuschen,



NEWTONS Unterschrift
auf einem Protokoll

sie muß aber heute als Tatsache angesehen werden. Nachdem NEWTON schon seit Ende der achtziger Jahre um eine offizielle Stellung in London bemüht war, gelang es ihm durch die Vermittlung von Freunden, 1696 zum Aufseher und 1699 sogar zum „Master of the Mint“, zum Direktor der königlichen Münze zu werden. In dieser Stellung wirkte er maßgeblich an der zu dieser Zeit laufenden Umprägung mit, die der Stabilisierung des durch die politischen Kämpfe stark zerrütteten englischen Währungssystems diente. Das bedeutend höhere Einkommen entthob den berühmten Gelehrten endlich auch aller materieller Sorgen, so daß er im Jahre 1701 den Lucasischen Lehrstuhl am Cambridger Trinity College aufgeben konnte.

Für seine wissenschaftlichen Leistungen, vor allem aber für seine Verdienste bei der Münze, wurde er 1705 von der Königin Anna als erster Naturwissenschaftler in den Adelsstand erhoben. Im Jahre 1703 wählte man NEWTON zum Präsidenten der Royal Society. Bis zu seinem Tode stand er an der Spitze jenes Gremiums, mit dem ihn schon lange enge wissenschaftliche Kontakte verbunden hatten.

Zweimal wurde er auch als Vertreter der Universität Cambridge in das Unterhaus gewählt, da er mit anderen gegen die Rekatholisierung aufgetreten war. Allerdings soll er im Parlament nur ein einziges Mal das Wort ergriffen haben und auch nur, um darum zu bitten, daß die Fenster geschlossen werden mögen. Trotz seiner verschlossenen, zurückgezogenen Art hatte NEWTON besonders während seiner Jahre in London einen umfangreichen Bekanntenkreis und erfreute sich großer Wertschätzung auch bei Hofe. Bis ins hohe Alter hinein befand sich der berühmte Gelehrte bei bester Gesundheit, und erst von 1722 an quälten ihn Gicht, Gallensteine und ein Blasenleiden. Anfang März 1727 plagten ihn heftige Gallenkoliken. Er starb schließlich in der Nacht vom 30. zum 31. März 1727 im Alter von 84 Jahren. Als erstem Naturwissenschaftler wurde ihm ein Staatsbegräbnis zuteil. Sein Leichnam ruht in der Westminster Abbey an der Seite berühmter Persönlichkeiten der englischen Geschichte. Auch an dieser Tatsache läßt sich ermessen, welche Stellung die Naturwissenschaftler in der Gesellschaft erringen konnten.

Lebensdaten zu ISAAC NEWTON

1643	am 4. Januar in Woolsthorpe bei Grantham/Lincolnshire als Sohn eines Landpächters geboren
1661	am Trinity College der Universität Cambridge als Student aufgenommen
1663	Stiftung des Lucasischen Katheders in Cambridge, I. BARROW erster Inhaber dieses naturwissenschaftlichen Lehrstuhls
1665 bis 1667	Pestepidemie in England, NEWTON hat in seinem Heimatort seine wissenschaftlich produktivste Phase
1668	erstes Spiegelteleskop NEWTONS
1669	I. BARROW verzichtet zugunsten NEWTONS auf den Lucasischen Katheder
1672	NEWTON überreicht der Royal Society ein eigenhändig gefertigtes, wesentlich verbessertes Spiegelteleskop und wird Mitglied der Royal Society for the Improvement of Natural Knowledge
1687	NEWTONS „Philosophiae naturalis principia mathematica“ erscheinen
1696	NEWTON wird zum Aufseher der königlichen Münze berufen und übersiedelt nach London
1699	NEWTON wird Direktor der Münze
1701	NEWTON scheidet aus dem Trinity College aus
1703	NEWTON wird Präsident der Royal Society
1704	NEWTONS optische Untersuchungen erscheinen in zusammenhängender Form unter dem Titel „Opticks“
1705	NEWTON wird von der englischen Königin Anna geadelt und darf sich fortan Sir Isaac nennen
1713	Die zweite Auflage der „Principia“ erscheint, herausgegeben von R. COTES
1726	Die dritte Auflage der „Principia“ erscheint, herausgegeben von H. PEMBERTON
1727	31. März, ISAAC NEWTON stirbt in Kensington bei London

Literaturverzeichnis zu ISAAC NEWTON

- [1] Newton, I.: Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts. Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften Nr. 96/97. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig 1889.
- [2] Wolfers, J. P.: Sir Isaac Newton's Mathematische Principien der Naturlehre. Verlag von Robert Oppenheim, Berlin 1872.
- [3] Rosenberger, F.: Isaac Newton und seine physikalischen Prinzipien. Johann Ambrosius Barth (Arthur Meiner), Leipzig 1895.
- [4] Wawilow, S.: Isaac Newton. Akademie-Verlag, Berlin 1951 (aus dem Russischen).
- [5] Wußing, H.: Isaac Newton. 3. Auflage BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1984.
- [6] Biographien bedeutender Mathematiker. Hrsg. von H. Wußing und W. Arnold. 3. Auflage, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1983.
- [7] Kuznecov, B. G.: Von Galilei bis Einstein. Entwicklung der physikalischen Ideen. Akademie-Verlag, Berlin 1970 (aus dem Russischen).

3. Die Vollendung der klassischen Physik im 19. Jahrhundert

Die Industrielle Revolution

Die Zeit von etwa 1760 bis 1900 reicht von der Festigung des Kapitalismus in den fortgeschrittenen Ländern über die volle Entfaltung des Kapitalismus der freien Konkurrenz bis zum Übergang zum Monopolkapitalismus.

Zwei Umwälzungen, die bürgerliche Große Französische Revolution von 1789 bis 1794 und die um 1760 beginnende Industrielle Revolution, haben am Anfang dieser Zeit endgültig über die Ablösung der feudalen durch die kapitalistische Gesellschaftsordnung entschieden. Auch der Fortschritt in den Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert, insbesondere die Weiterentwicklung und Vollendung der klassischen Physik, ist untrennbar mit beiden Revolutionen verknüpft, die ENGELS folgendermaßen kennzeichnete:

„Während in Frankreich der Orkan der Revolution das Land ausfegte, ging in England eine stillere, aber darum nicht minder gewaltige Umwälzung vor sich. Der Kampf um die neue Werkzeugmaschinerie verwandelte die Manufaktur in die moderne große Industrie und revolutionierten damit die ganze Grundlage der bürgerlichen Gesellschaft. Der schläfrige Entwicklungsgang der Manufakturzeit verwandelte sich in eine wahre Sturm- und Drangperiode der Produktion. Mit stets wachsender Schnelligkeit vollzog sich die Scheidung der Gesellschaft in große Kapitalisten und besitzlose Proletarier, ...“ [1; S. 243].

Die Industrielle Revolution, die Revolution der Produktivkräfte, begann im letzten Drittel des 18. Jahrhunderts in England und griff in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf Teile des europäischen Kontinents und Nordamerika über.

Den Ausgangspunkt bildete die Maschinisierung der Spinnerei und Weberei (u. a. Konstruktion der ersten brauchbaren Spinnmaschine 1764 durch den Weber HARGREAVES und des mechanischen Webstuhls durch den ehemaligen Geistlichen CARTWRIGHT). Die Einführung dieser Arbeitsmaschinen zog den Einsatz der Dampfmaschine nach sich, die der Mechaniker WATT für den Antrieb stationärer



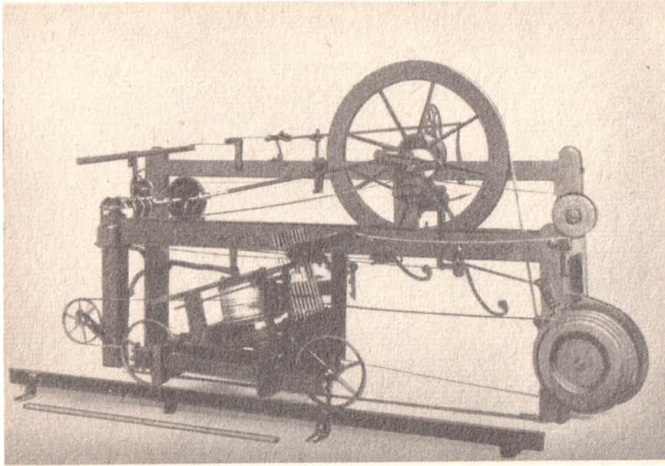
Fabrik
von BOULTON
und WATT
in Soho
(1798)

Arbeitsmaschinen entscheidend vervollkommnete. Im 19. Jahrhundert wurde sie auch für den rasch wachsenden Land- und Seeverkehr (Lokomotive und Dampfschiff) genutzt. Der Maschinenbau erforderte neue Verfahren der Eisenmetallurgie und der Eisenbearbeitung (u. a. Erfindung der Drehmaschine mit Support 1794 durch den Schmied MUNDSLAY und einer der ersten Fräsmaschine 1818 durch den Ingenieur WHITNEY).

Mit diesen technischen Umwälzungen war der Übergang von der handwerklichen Arbeit in der Manufaktur zur maschinellen Produktion in der Fabrik verbunden, deren dreiteiliges Maschinensystem (Antriebsmaschine, Transmissionsmechanismus, Arbeitsmaschine) für ein Jahrhundert die industrielle Entwicklung beherrschte. Der Kernprozeß der Industriellen Revolution bestand jedoch nicht in der Einführung von Maschinen überhaupt, sondern in der Ersetzung der handwerklichen Erfahrung des Arbeiters, der das Werkzeug führte, durch die werkzeugführende Maschine.

Mit der dadurch erzielten Steigerung der Arbeitsproduktivität festigte sich die kapitalistische Produktionsweise. Es entstand die große Industrie. Die Bourgeoisie als Eigentümer der Produktionsmittel erkämpfte in den bürgerlichen Revolutionen der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch auf dem europäischen Kontinent nicht nur die ökonomische, sondern auch ihren Anteil an der politischen Macht. Im „Kommunistischen Manifest“ haben MARX und ENGELS 1848 diesen widersprüchlichen Prozeß, in dem sich erhöhte Ausbeutung der sich formierenden Arbeiterklasse mit einer gewaltigen Entwicklung der Produktivkräfte verknüpfte, in eindringlicher Weise festgehalten:

„Die Bourgeoisie hat in ihrer kaum hundertjährigen Klassenherrschaft massenhafte und kolossalere Produktionskräfte geschaffen als alle vergangenen Generationen zusammen. Unterjochung der Naturkräfte, Maschinerie, Anwendung der Chemie auf Industrie und Ackerbau, Dampfschiffahrt, Eisenbahnen, elektrische Telegraphen, Urbarmachung ganzer Weltteile, Schiffbarmachung der Flüsse, ganze aus



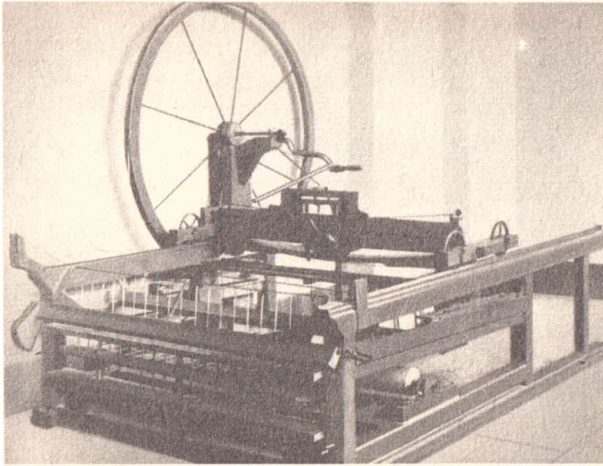
HARGREAVENS
„Spinning Jenny“,
die erste
Spinnmaschine

dem Boden hervorgestampfte Bevölkerungen – welches frühere Jahrhundert ahnte, daß solche Produktionskräfte im Schoße der gesellschaftlichen Arbeit schlummer-ten?“ [2; S. 467]

Physik und Industrielle Revolution

Die Industrielle Revolution wurde im wesentlichen ohne Verwendung neuerer Ergebnisse der Naturwissenschaften eingeleitet. Das wird auch durch obengenannte Berufe der ersten Maschinenschöpfer unterstrichen, die, meist Handwerker, außerhalb der wissenschaftlichen Entwicklung standen. Mit der Erweiterung der Industrie erkannten Kapitalisten sehr bald die Möglichkeit, naturwissenschaftliche Forschungen und Entdeckungen profitbringend für die Produktion aufzubereiten und auszuwerten. Es war – so MARX – „die Tendenz des Kapitals, der Produktion wissenschaftlichen Charakter zu geben“.

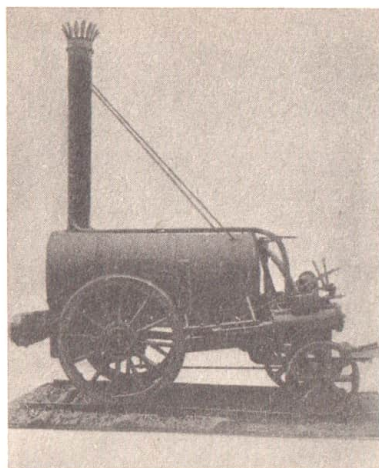
Wissenschaftsorganisatorisch äußerte sich dieser Prozeß in der Entstehung polytechnischer Schulen. Vorbild wurde die 1794 in den Stürmen der Französischen Revolution gegründete École polytechnique in Paris. Sie hatte das Ende der Revolution überlebt, weil ihr Ziel, Theorie und Praxis bewußt zu verbinden, den Interessen der Bourgeoisie entgegenkam. Beeinflußt durch die französische Aufklärung und die wissenschaftlichen Traditionen Frankreichs, entwickelte sich die Pariser Polytechnische Hochschule zum Weltzentrum für Mathematik und Naturwissenschaften, das sie bis nach 1830 blieb. Hier gingen theoretische Fundierung des Ingenieurwesens und mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagenforschung Hand in Hand. Hier lehrten bzw. lernten so berühmte Wissenschaftler wie LAGRANGE, LAPLACE, POISSON, CAUCHY, PONCELET, AMPÈRE, GAY-LUSSAC, FRESNEL, FOURIER, CARNOT. In der hier verbreiteten, von der theoretischen Mechanik ausgehenden mathematischen Behandlung physikalischer Sachverhalte lag ein Aus-



Comtons Mule

gangspunkt für den Aufstieg der theoretischen Physik im 19. Jahrhundert, für ihr Eindringen in alle physikalischen Teildisziplinen. Parallel zur Ausbreitung der Industriellen Revolution entstanden u. a. in Wien, Prag, Karlsruhe, Dresden, Zürich, Kopenhagen Polytechnische Schulen, die sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts zu Technischen Hochschulen entwickelten und in denen die Physik ein unentbehrliches Grundlagenfach darstellte. Hier bildeten sich erste Technikwissenschaften wie Technische Mechanik und Technische Kinematik heraus, die mit ihrer der Produktion angepaßten Zielstellung auf dem Fundament der physikalischen Mechanik aufbauten. Diese Schulen und weitere neugeschaffene Institutionen boten jedoch auch der physikalischen Forschung erweiterte Möglichkeiten.

Viel nachhaltiger als die direkte Anwendung physikalischer Ergebnisse in der Produktion gestaltete sich deshalb die Rückwirkung der technischen Umwälzung und der Wandel der Produktionsweise auf die Entwicklung der Physik in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Der Ausbau der klassischen Mechanik im 18. Jahrhundert (Präzisierung der analytischen Mechanik u. a. durch die Gleichungen von LAGRANGE 1788, Vollendung der Himmelsmechanik durch LAPLACE 1799 bis 1823, Herausbildung der Hydrodynamik u. a. durch die Gleichungen von DANIEL BERNOULLI 1738) hatte die mechanische Grundauffassung der Physik vertieft, die in Gestalt der Lehre von den „Imponderabilien“ (unwägbare hypothetische Stoffe mit atomarem Aufbau) auch auf nichtmechanische Erscheinungen übertragen worden war und deren Wesen erfassen sollte (u. a. Lehre vom Licht- und Wärmestoff sowie der elektrischen und magnetischen Fluida). Die Industrielle Revolution, mit ihren vielfältigen Problemen der Bewegungsformen (u. a. Schwingungen), der Werkstoffeigenschaften (u. a. Elastizität), der Energieumwandlung (u. a. in der Dampfmaschine), trug dazu bei, daß das idealisierte punktmekanische Konzept der Physik aufgelockert wurde. Eine aus verschiedenen Wurzeln entstandene dynamistische Betrachtungsweise, die darin bestand, die Erscheinungen in ihrer Veränderung, in ihren Umwandlungen, in ihrem Zusammenhang, aber auch in ihrer Einheit und in



Modell
der Dampflokomotive Saxonia
(1838)

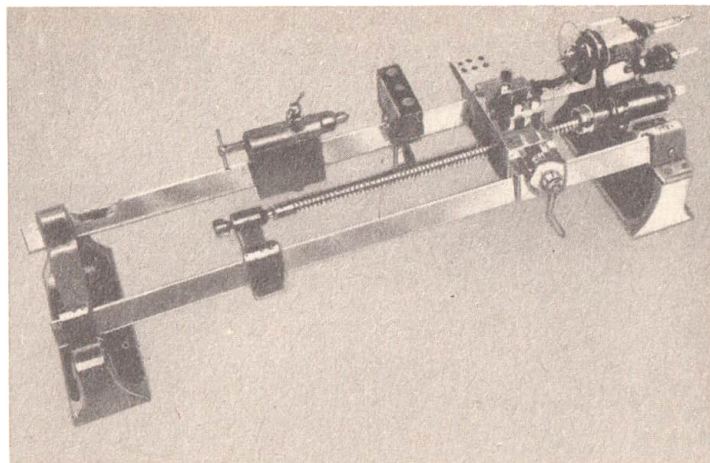
ihrer Entwicklung zu erfassen, gewann in der Physik an Bedeutung. Der Übergang zu einer dialektischen Denkweise in der Physik bahnte sich an. Jedoch blieb die mechanische Naturauffassung im 19. Jahrhundert bestimmend.

Auf dieser Grundlage formierte sich das Gebäude der klassischen Physik mit der Herausbildung der Elektrodynamik (ab 1820), der Wellenoptik (um 1830), der Thermodynamik (um 1850) und der Entdeckung des Energieerhaltungssatzes (zwischen 1840 und 1850).

Von der Wärmelehre zur Thermodynamik

Am offenkundigsten ist der Einfluß der Industriellen Revolution durch die vielseitige Verwendung der Dampfmaschine bei der Entwicklung der Wärmelehre zur Thermodynamik bemerkbar. Der Widerspruch zwischen der technisch ausführbaren Umwandlung von Wärme in Bewegung und dem Erkenntnisstand der Wärmelehre, die auf der Wärmerstofftheorie fußte und damit Umwandlungen weitgehend ausschloß, wurde zum beständigen Stimulus.

Die von der Chemie angeregte Entwicklung der Physik der Gase (Gasgesetze von Gay-Lussac, 1810), das Auftreten von Kompressionswärme und Expansionskälte und die Erfassung adiabatischer Prozesse wiesen auf einen engen Zusammenhang von Wärme- und Gasprozessen hin. Auf dieser Basis untersuchte 1824 CARNOT den Wärmedurchgang durch die Dampfmaschine als Gasprozeß. Die von ihm formulierten Ansätze zum ersten und vor allem zum zweiten Hauptsatz wurden jedoch trotz einer weiterführenden Arbeit CLAPEYRONS (1834) mit der bekannten graphischen Darstellung des Carnotschen Kreisprozesses nicht beachtet. Die Kluft zwischen Wissenschaft und Technik war noch unüberbrückbar. Erst nach der Herausbildung des Energiesatzes arbeiteten THOMSON (LORD KELVIN) und CLAUSIUS um 1850 die „mechanische Wärmetheorie“, die erste Entwicklungsstufe der Thermody-



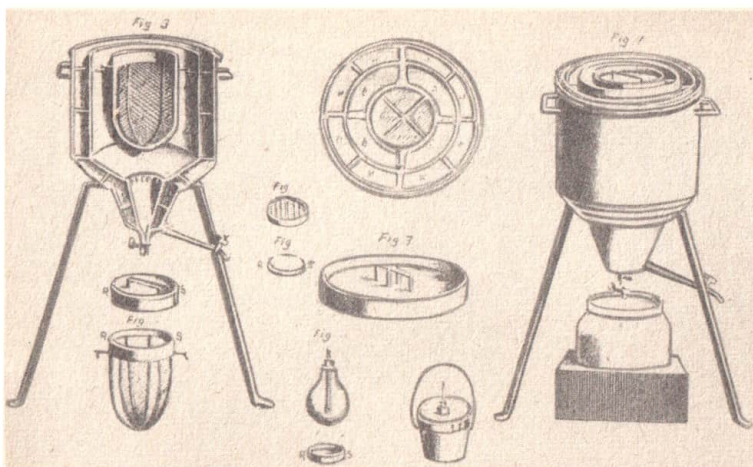
MAUDSLAYS
Drehbank
mit
Schraubspindel
und
Support

namik, aus. In diesem Zusammenhang konnte sich die schon früher u. a. von LOMONOSSOW, D. BERNOULLI und Anfang des 19. Jahrhunderts von THOMPSON (Graf Rumford) und DAVY vertretene Vorstellung, Wärme als Bewegung der Teilchen eines Körpers aufzufassen, endlich durchsetzen. Sie führte zu der vor allem von CLAUDIUS ab 1857 entwickelten kinetischen Gastheorie. Mit CLAUDIUS' mathematisch-physikalischer Fixierung des 2. Hauptsatzes durch die Entropie (1865) begann durch MAXWELL (Geschwindigkeitsverteilungsgesetz, 1860) und BOLTZMANN (Wahrscheinlichkeitsdefinition der Entropie, 1877) die Ausarbeitung der statistischen Thermodynamik, durch die schließlich der Bruch mit der klassischen Mechanik offenbar wurde. Aus der Thermodynamik ging bereits kurz nach 1850 die u. a. von CLAUDIUS, RANKINE und ZEUNER begründete technische Thermodynamik hervor, durch die die Konstruktion von Wärmekraftmaschinen eine physikalische Grundlage erhielt. Weiterhin spielte die Thermodynamik, zusammen mit dem Energiesatz, u. a. durch die Arbeiten von GIBBS und HELMHOLTZ eine wichtige Rolle bei der Herausbildung der physikalischen Chemie.

Zur Entwicklung der Elektrophysik

Der Aufschwung der Elektrophysik setzte Anfang des 19. Jahrhunderts mit drei Schlüsselentdeckungen ein: mit GALVANIS und VOLTAS Erfindung der chemischen Spannungsquelle (um 1800), OERSTEDS Entdeckung der Ablenkung einer Magnetnadel durch einen elektrischen Strom (1820) und FARADAYS Entdeckung der elektromagnetischen Induktion (1831).

In den Anfängen der Elektrophysik spielte die mit der frühen Naturphilosophie SCHELLINGS verbundene dynamistische Betrachtungsweise als heuristisches Prinzip eine fördernde Rolle, u. a. bei den elektrochemischen Untersuchungen RITTERS und



Kolorimeter
von
LAVOISIER
und
LAPLACE

den elektromagnetischen OERSTEDS. Die Spekulationen der späteren sogenannten romantischen Naturphilosophie, u. a. die Annahme einer „Urkraft“ bzw. eines „Urphänomens“ und die Mißachtung des Experiments als Grundlage der Erkenntnisfindung, führte etwa ab 1820 zu einer Gegenbewegung unter den Naturwissenschaftlern, die einer „exklusiven Empirie“ (ENGELS) das Wort redete und zeitweilig den Erkenntnishorizont einer Reihe von Physikern einengte, so daß die Anerkennung von vorerst qualitativ formulierten Verallgemeinerungen (u. a. Energiesatz) verzögert wurde.

Mit AMPÈRES Arbeiten zur Elektrodynamik ab 1820 begann die theoretische Durchdringung dieser Disziplin. Während seine Auffassungen über Elementarmagnete und Molekularströme erst ab 1850 die Theorie der magnetischen Fluida verdrängten, wirkte sein nach dem Muster der Punktmechanik geformtes Wechselwirkungsgesetz stromdurchflossener Leiter als Schema. Diese Entwicklungslinie der hochmathematischen Fernwirkungselektrodynamik verfolgten u. a. W. WEBER durch Aufstellung eines Grundgesetzes (1846) und elektrischer Maßsysteme sowie F. NEUMANN (1847) weiter.

Neben der Entdeckung der theoretisch und praktisch für die um 1840 mit Forschungen JACOBIS beginnende Galvanotechnik bedeutsamen elektrochemischen Effekte (DAVY, CARLISLE, RITTER, FARADAY) wurde mit der Formulierung des Ohmschen Gesetzes (1826) und der Kirchhoffschen Stromverteilungsgesetze (1845) eine Vertiefung der Zusammenhänge elektrischer Größen erzielt.

Beeinflußt von den erwähnten dynamistischen Anschauungen, entwickelte FARADAY ab 1831 eine gänzlich anders geartete Vorstellung, die qualitative Theorie der magnetischen und elektrischen Kraftlinien, die bis nach 1850 als eine mathematisch nicht umzusetzende Veranschaulichung angesehen wurde. Erst mit FARADAYS weiteren Forschungen über Dielektrika und die Zusammenhänge zwischen Licht und Kraftlinien griff nach W. THOMSONS Vorarbeiten MAXWELL diese Ansätze auf und baute von 1855 bis 1873 die quantitative elektromagnetische Feldtheorie



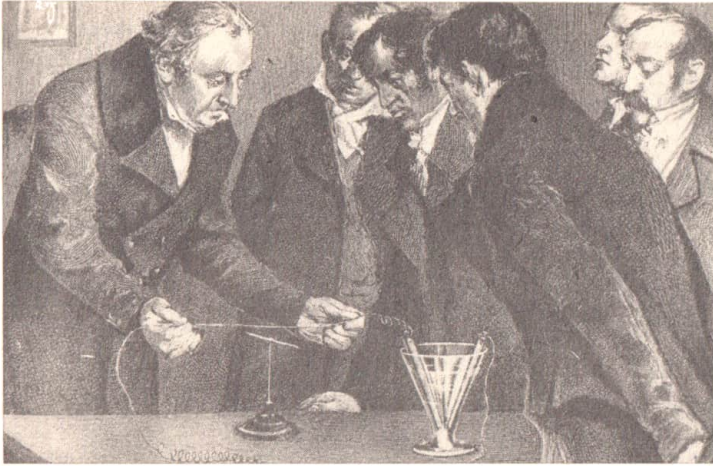
VOLTA
führt NAPOLEON
im Akademie-Institut
seine „Säule“
(galvanische
Batterie)
vor

(Maxwellsche Gleichungen) auf, die erst nach 1880 als allgemeine Grundlage der Elektrophysik anerkannt wurde. Mitangeregt durch Mängel der submarinen Telegraphie, begann mit Arbeiten W. THOMSONS (u. a. Thomsonsche Schwingungsformel, 1853) und KIRCHHOFFS (Vorform der Telegraphengleichung, 1857) die Erforschung hochfrequenter Prozesse, die in MAXWELLS elektromagnetischer Lichttheorie gipfelte. Die von dieser Hypothese ausgehende Entdeckung der elektromagnetischen Wellen durch H. HERTZ in den Jahren 1886 bis 1888 besiegelte die Verschmelzung von Wellenoptik und Elektrodynamik und schuf die physikalische Voraussetzung für die Entstehung der Funktechnik.

Neben weiteren elektrochemischen Forschungen spielte der nach der Konstruktion eines Hochspannungserzeugers (verbesserter Funkeninduktor von RÜHM-KORFF, 1851) und leistungsfähigerer Vakuumpumpen (GEISSLER um 1860) einsetzende Aufschwung der Gasentladungsphysik für die Klärung des Wesens der Elektrizität eine wichtige Rolle. HERTZS Entdeckung der Katodenstrahlen (1869) führte nach fast zwanzigjähriger Unsicherheit über die Natur dieser Strahlen zur Auffindung des ersten Elementarteilchens, des Elektrons, das PERRIN (1884) und vor allem J. J. THOMSON (1897) durch Ablenkung der Katodenstrahlen im elektrischen und magnetischen Feld nachwies. Die Erkenntnis, daß das Atom strukturiert sein müsse, war ein Impuls, Atommodelle aufzustellen. Ferner entwickelte sich aus der Gasentladungsphysik und dem von EDISON 1883 bei Versuchen mit Glühlampen gefundenen glühelektrischen Effekt ab 1906 die Vakuumelektronik.

Von der Wellenoptik zur elektromagnetischen Lichttheorie

Der Sturz der seit NEWTON herrschenden Korpuskulartheorie des Lichts bahnte sich an, als der mit Problemen der technisch wichtigen Elastizitätslehre beschäftigte vielseitige Physiker und Arzt YOUNG das Licht 1801 als Ausbreitung elastischer



OERSTED
führt seinen
Entdeckungs-
versuch
zum Elektro-
magnetismus
vor

Längswellen (in Analogie zum Schall) deutete und zur Erklärung der Beugung das Interferenzprinzip einführte. Erst um 1820 entwickelte auf YOUNGS Anregung FRESNEL die Theorie der transversalen Lichtwellen und leitete die nach ihm benannten Formeln ab. Dadurch wurden die Erkenntnisse über alle Schwingungs- und Wellenvorgänge vertieft.

Viele Forscher bemühten sich bis etwa 1850, die elastomechanische Beschaffenheit des zur Übertragung der Lichtwellen offenbar notwendigen „Äthers“ zu klären. Wie sollte man sich aber einen Äther vorstellen, der eine höhere Elastizität als Stahl, jedoch eine viel geringere Dichte als Luft hatte, durch den sich die Himmelskörper reibungslos bewegen?

Diese Probleme der mechanischen Naturauffassung erreichten eine letzte Stufe, als mit der Anerkennung der elektromagnetischen Natur des Lichts die Frage des Bewegungszustands des Äthers in den Mittelpunkt rückte.

Die Versuche MICHELSONS (1881 und 1887) und HERTZ' Arbeiten zur Elektrodynamik bewegter Körper mündeten schließlich in EINSTEINS Spezielle Relativitätstheorie, ebenso wie KIRCHHOFFS Forschungen zur Strahlungstheorie (1860) und des Lehrers BALMER empirische Formel für die Spektrallinien (1884) die moderne Quanten- und Atomphysik mit vorbereiteten.

Der Energiesatz und die Philosophie

Aus den hier skizzierten Prozessen ging zwischen 1842 und 1847 der Satz der Erhaltung und Umwandlung der Energie hervor, der die materialistische These von der materiellen Einheit der Welt bestätigte, so daß u. a. dadurch – laut ENGELS – „die Hauptvorgänge der Natur erklärt, auf natürliche Ursachen zurückgeführt“ sind und „die materialistische Naturanschauung heute (um 1880) auf ganz anders festen Füßen als im vorigen Jahrhundert steht“. [3; S. 468 bis 469]

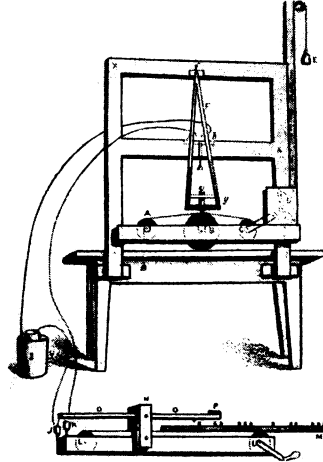
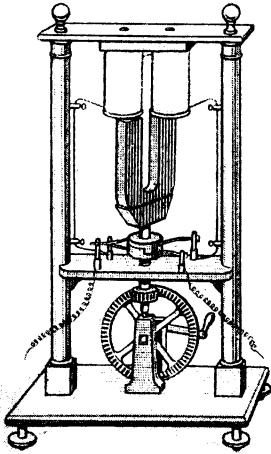
Speziell liegen Wurzeln dieses Prinzips in der Erkenntnis der Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* (1775), in der Anwendung des von LEIBNIZ aufgestellten Satzes von der Erhaltung der lebendigen Kraft (d. h. der kinetischen Energie), im Ausbau der technischen Mechanik, insbesondere durch den von PONCELET geprägten Begriff der physikalischen Arbeit, in Untersuchungen der Umwandlungsvorgänge von chemischer in elektrische (galvanische Elemente), von elektrischer in magnetische und thermische (Elektromagnetismus, Induktion, thermoelektrischer Effekt) und von thermischer in mechanische Energie (Dampfmaschine) sowie in physiologischen Problemen des Wärmehaushalts lebendiger Körper. Von dialektischen Gedankengängen ausgehend, formulierte MAYER 1842 als erster den vollständigen Energiesatz, JOULE machte sich ab 1843 um die experimentelle Bestimmung der Äquivalente verdient. HELMHOLTZ lieferte 1847 eine exakte mathematische Behandlung der Energieumwandlungen, paßte den Satz in die herrschende mechanisch-materialistische Grundüberzeugung ein, die er programmatisch folgendermaßen umfaßte:

„Ist aber Bewegung die Urveränderung, welche allen Veränderungen in der Welt zugrunde liegt, so sind alle elementaren Kräfte Bewegungskräfte und das Endziel der Naturwissenschaften ist, die allen Veränderungen zu Grunde liegenden Bewegungen und deren Triebkräfte zu finden, also sich in Mechanik aufzulösen.“ [4; S. 379]

Jedoch zu dieser Zeit gab es – wie geschildert – schon unverkennbare Anzeichen, daß der Fortschritt in der Physik eine dialektisch-materialistische Denkhaltung erforderte. Auch die insbesondere von MACH vertretene agnostizistische positivistische Position mit ihrem Grundsatz, daß die „Welt aus Empfindungen als ihrem Elementarischen bestehe“, führte trotz ihrer Verdienste bei der Überwindung der mechanischen Naturauffassung in die Enge, u. a. deshalb, weil sie solche, damals unbestätigte Annahmen wie die atomare Struktur der Stoffe verwarf.

Physik als Produktivkraft

Bis etwa 1880 hatten die Teildisziplinen der Physik einen solchen Entwicklungsstand erreicht, daß sie als wissenschaftliche Systeme vollendet erschienen und offenbar nur noch Lücken aufwiesen. Mit der beginnenden Konzentration des Kapitals erkannte die Bourgeoisie die Möglichkeit einer vollständigen „Exploitation der Wissenschaft“ (MARX), d. h., nicht nur bestimmte physikalische Erkenntnisse anzuwenden, sondern auch vollständige wissenschaftliche Systemlösungen als Grundlage der Produktion zu nutzen. Hatte für die Entwicklung der Telegraphie und die Anfänge der Starkstromtechnik noch ein elektrisches Grundwissen ausgereicht, so wurde um 1880 mit dem Beginn der Elektrifizierung der Aufbau einer wissenschaftlichen Starkstrom-Elektrotechnik mit eigener Zielstellung unumgänglich. Die „elektrotechnische Revolution“ (ENGELS), der Aufbau der Elektroindustrie, war von Erfindern, die zugleich Unternehmer waren, wie SIEMENS und EDISON, in Gang gebracht worden, Physiker wie STEINMETZ, HOPKINSON, TESLA schufen nun die wis-



Einer der ersten
magnet-
elektrischen
Generatoren
von AMPÈRE
und PIRN
(um 1833)

Erstes
Telegraphenmodell
von MORSE
(um 1837)

senschaftliche Grundlage der Elektrotechnik und entwickelten sie weiter. Erstmals wurden Physiker in den neugegründeten Industrielaboratorien eingesetzt.

Ausgehend von HERTZ' Entdeckung und ersten Versuchen zur drahtlosen Nachrichtenübertragung (POPOW, MARCONI, BRAUN) entstand um 1900 die Funk- und Hochfrequenztechnik, die nach Einführung der Elektronenröhren (ab 1906) zusammen mit der drahtgebundenen Fernmeldetechnik die wissenschaftliche Schwachstromtechnik bildete.

Die ausgearbeitete Lichtwellentheorie nutzend, gab um 1870 nach FRAUENHOFERS Vorarbeiten ABBE dem optischen Gerätebau eine wissenschaftliche Grundlage, durch die das Zeiss-Werk zur Weltspitze aufstieg.

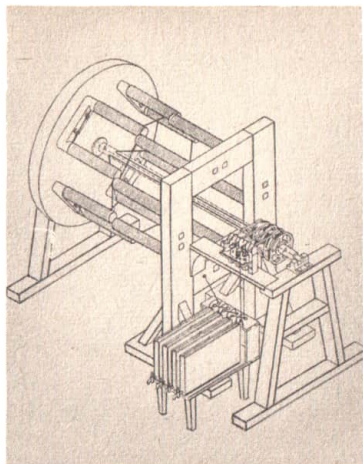
Von der Thermodynamik gingen Impulse für die Erfindung des Otto- (1876) und des Dieselmotors (1897) sowie für die wissenschaftliche Fundierung der Kältetechnik, u. a. durch LINDE, aus. Aus letzterer entwickelte sich die Tieftemperaturphysik.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, in der Phase der Konsolidierung der klassischen Physik, wurden bestimmte Teildisziplinen der Physik durch den nunmehr erreichten Vorlauf zur Produktivkraft ersten Ranges.

An der Schwelle zur modernen Physik

In diesem gesellschaftlichen Gesamtprozeß hatte sich die Physik zu einem von der gefestigten kapitalistischen Produktionsweise geformten Wissenschaftstyp entwickelt, dessen Ausprägung die vollendete klassische Physik darstellte.

Die wesentlich gestiegene Bedeutung der Physik für die Gesellschaft hatte auch Rückwirkungen auf die Physik selbst. An den Universitäten entstanden technisch moderner ausgestattete Institute und Laboratorien und gesonderte Institute für theoretische Physik, zuweilen auch Abteilungen für Technische Physik. Mit dem



Einer der ersten Elektromotoren
von JACOBI
(um 1834)

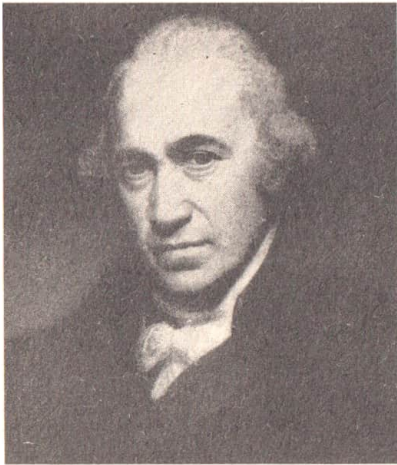
Ziel, die Physik für die kapitalistische Industrie auszunutzen, wurde 1887 in Deutschland die Physikalisch-Technische Reichsanstalt gegründet.

Mit den neuen, verfeinerten, oftmals im Zusammenhang mit der Technik entwickelten Geräten und Untersuchungsmethoden wurden Effekte (u. a. Röntgenstrahlen, Radioaktivität) gefunden, die nicht in das Bild der klassischen Physik paßten:

Auch die theoretische Physik löste sich allmählich vom mechanischen Vorbild. Im Schoß der klassischen Physik bereitete sich ein neuer Umsturz vor. Die „moderne Physik“ kündigte sich an, für die sich die philosophische Grundlage des mechanischen Materialismus als unzulänglich erwies und die deshalb – so LENIN – dabei war, „den dialektischen Materialismus zu gebären“, [5; S. 316].

Literaturverzeichnis zur Vollendung der klassischen Physik im 19. Jahrhundert

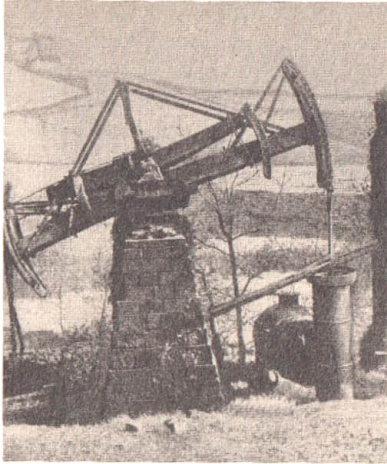
- [1] Engels, F.: Anti-Dühring. In: MEW, Bd. 20, Dietz Verlag, Berlin 1962.
- [2] Marx, K. und Engels, F.: MEW, Bd. 4, Dietz Verlag, Berlin 1959.
- [3] Engels, F.: Dialektik der Natur. In: MEW, Bd. 20, Dietz Verlag, Berlin 1962.
- [4] Helmholtz, H. v.: Über das Ziel und die Fortschritte der Naturwissenschaft (1869). In: Helmholtz, Hermann von: Vorträge und Reden, Bd. 1, Verlag Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig 1903.
- [5] Lenin, W. I.: Materialismus und Empiriekritizismus. In: W. I. Lenin: Werke, Bd. 14. Dietz Verlag, Berlin 1962.



JAMES WATT (1736 bis 1819) und NICOLAS LEONHARD SADI CARNOT (1796 bis 1832)

JAMES WATT schuf nach den jahrelangen und wenig erfolgreichen Versuchen seiner Vorgänger Ende des 18. Jahrhunderts die erste leistungsfähige und allgemein einsetzbare Dampfmaschine. Rund vier Jahrzehnte später leistete SADI CARNOT – ausgehend von der praktisch verwirklichten Dampfmaschine – mit seinen Überlegungen eine wichtige Vorarbeit für die Herausbildung der Thermodynamik.

JAMES WATT wurde am 19. Januar 1736 in Greenock bei Glasgow in Schottland geboren. Sein Vater verdiente den Lebensunterhalt für seine Familie als Zimmermann und Schiffbauer, auf Grund der zeitweise schlechten Erwerbslage aber auch mit vielen anderen Tätigkeiten. Seine Mutter erteilte ihm den ersten Unterricht, denn JAMES konnte, bedingt durch seine schwache Gesundheit, bis zum Alter von etwa 14 Jahren nur sehr unregelmäßig die Schule besuchen. Er nutzte jedoch einen Teil seiner Freizeit, um in der Werkstatt seines Vaters zu basteln. Die dabei erworbene Fingerfertigkeit und das Interesse für die Technik haben seinen späteren Lebensweg offensichtlich maßgeblich beeinflusst. So begann er 18jährig die Lehre bei einem Mechanikermeister in Glasgow, die ihn jedoch nicht befriedigte. Nützlicher für ihn verlief dagegen die einjährige Lehrzeit, die er 1755 bei einem bekannten Londoner Mechaniker begann. Sehr rasch erwarb er hier Fertigkeiten in der Herstellung auch schwieriger mathematischer Instrumente. Nach Hause zurückgekehrt, verhinderten die strengen Zunftgesetze mit der Forderung nach einer regelmäßigen bis zu sieben Jahren dauernden Lehrzeit, daß WATT eine eigene Werkstatt eröffnen konnte. So war er froh darüber, bald darauf eine Anstellung als Mechaniker an der Universität Glasgow zu finden. Hier führte ihn die Beschäftigung mit allerlei technischem Gerät schließlich auf die Probleme der technischen Ausnutzung und wirtschaftlichen Verwertung der Dampfkraft.



Überreste
einer
Newcomen-
maschine
aus dem
18. Jahrhundert

DENIS PAPIN

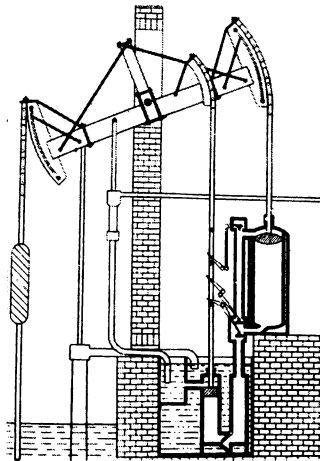
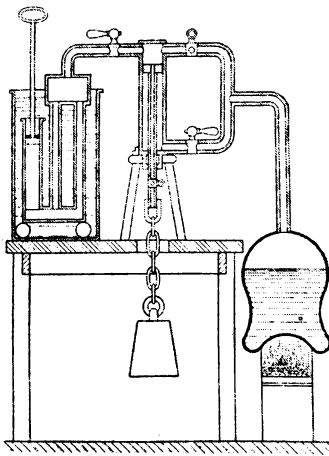
Entscheidend dafür war das Jahr 1764, als er im Auftrag der Universität das Modell einer Newcomenschen Dampfmaschine zu reparieren hatte. Dabei beobachtete er, daß der Dampfverbrauch nach dem von PAPIN ersonnenen und von NEWCOMEN, SMEATON u. a. verbesserten Prinzip der atmosphärischen Dampfmaschine sehr groß war. In einer solchen Dampfmaschine mußte in ein und demselben Zylinder einmal eine möglichst hohe Temperatur erreicht werden, um den Kolben mit Hilfe des Dampfdrucks in die eine Richtung zu bewegen; ein anderes Mal – und zwar kurz darauf – war es erforderlich, zur raschen Kondensation des Dampfes und zur Erzielung eines möglichst hohen Unterdruckes die Temperatur so weit wie möglich herabzusetzen, um den Kolben mit Hilfe des außerhalb herrschenden atmosphärischen Drucks in die andere Richtung zu bewegen. Durch eine Unzahl von Versuchen bemühte sich WATT, Klarheit auch über die quantitativen Verhältnisse zu gewinnen, so über die Abhängigkeit des Dampfdrucks von der Temperatur und über den Wärmeverbrauch bei der Verdampfung. An dieser wie an anderer Stelle wird deutlich, daß die von ihm gefundenen erfolgreichen Lösungen weniger Ergebnisse genialer Einfälle, sondern im allgemeinen in mühevoller Kleinarbeit entstanden waren.

Schon kurz vor WATT, und in seiner unmittelbaren Nähe, hatte sich BLACK, der nach dem Studium der Medizin seit 1756 in Glasgow als Chemieprofessor tätig war, mit verschiedenen Fragen der Wärme beschäftigt und die sogenannte „latente Wärme“ entdeckt, eine Wärmemenge, die beim Übergang von Wasser in Dampf zusätzlich gebunden, bei der Rückverwandlung von Dampf in Wasser jedoch wieder freigesetzt wird. Das Wissen von diesem Zusammenhang und vor allem seine eigenen experimentellen Erfahrungen führten WATT schließlich im Jahre 1765 zu seiner großen Erfindung, dem Kondensator, einem zweiten Behälter neben dem Arbeitszylinder, der ausschließlich der Kondensation des Dampfes diente, die Temperaturverhältnisse der Dampfmaschine wesentlich günstiger gestaltete und damit den Wärmeverbrauch verminderte. Gleichzeitig konnte bei dieser Anordnung auf

die Einwirkung des äußeren Luftdrucks zur Bewegung des Kolbens verzichtet und damit die atmosphärische Dampfmaschine durch den Typ der Niederdruckdampfmaschine ersetzt werden. Es wurden nun etwa 3 % der aufgewendeten Wärmeenergie in nutzbare mechanische Energie verwandelt. Die Dampfmaschine wurde mit dem Fortschreiten der Industriellen Revolution ein wichtiger Bestandteil der Produktivkräfte. ENGELS charakterisierte den durch WATT erreichten Entwicklungsstand der Dampfmaschine folgendermaßen: „Der Kreislauf der Erfindungen war auf diesem Gebiet vollendet. Die Verwandlung von Wärme in mechanische Bewegung war durchgeführt. Was nachher kam waren Einzelverbesserungen.“ [2; S. 103]

Zahlreiche dieser Einzelverbesserungen wurden schon von WATT selbst vorgeschlagen. Sie und die Organisation für den Bau der entsprechenden Maschinen waren für den anerkannten Erfinder, der zeit seines Lebens ein bescheidener Mann blieb, mit großen persönlichen Opfern verbunden. Ständig fehlten ihm Geld, brauchbare Werkstoffe und fähige Maschinenbauer für die Verwirklichung seiner Ideen. Die anfängliche Unterstützung durch den Unternehmer ROEBUCK blieb aus, als dieser in Zahlungsschwierigkeiten geriet. Erfreulicher für ihn war eine Vereinbarung mit dem englischen Fabrikanten BOULTON im Jahre 1755. Dessen Geld, weitreichende Verbindungen und gewerblichen Möglichkeiten brachten WATT eine langfristige Unterstützung, der schließlich – nach dem für ihn erfolgreichen Ausgang zahlreicher Patentprozesse – die Durchsetzung seiner Erfindungen in der Praxis folgte. Letzten Endes war dieser Vorgang eine jener typischen Erscheinungen, die sich mit der Entwicklung der kapitalistischen Gesellschaft unzählige Male wiederholten. Der Unternehmer hatte den Erfinder und dessen Ideen zum Zweck des gesteigerten Profits „gekauft“. Im Kapitalismus trennt die große Industrie „die Wissenschaft als selbständige Produktionspotenz von der Arbeit und preßt sie in den Dienst des Kapitals“, schrieb MARX hundert Jahre später. [3; S. 382]

Schon bald nach dem Beginn seiner Tätigkeit für die Glasgower Universität hatte WATT die Achtung seiner Umgebung gewonnen. In wissenschaftlichen und technischen Fragen war er ein gesuchter Gesprächspartner. Uneigennützig übermittelte er seine Ideen, Gedanken und Vorstellungen an andere. Nicht zuletzt auch dadurch wurde er immer wieder vor neue Probleme gestellt. Obwohl der Erfinder z. B. in Versuchen schon mehrfach die Kurbel zur Erzeugung der Drehbewegung – als Voraussetzung für den wirklichen universellen Einsatz der Dampfmaschine – angewandt hatte, war es ihm nicht in den Sinn gekommen, auf dieses schon länger bekannte Prinzip ein Patent zu nehmen. Nachdem ein geschäftstüchtiger Fabrikant das entsprechende Patent erworben hatte, ersann WATT gleich fünf von der Kurbel abweichende Vorrichtungen, darunter das Planetengetriebe, zu diesem Zweck. 1782 folgte ein Patent über die sogenannte Expansionsdampfmaschine, bei welcher mit verringerter Dampffüllung des Zylinders die gleiche Leistung erzielt wurde. In diesem Patent fand auch eine doppelt wirkende Maschine Erwähnung. Hierbei ermöglicht die Umsteuerung des Dampfes den Antrieb des Kolbens in beide Bewegungsrichtungen. Die Überlegenheit der WATTschen Konstruktionen über die atmosphärische Dampfmaschine wurde damit besonders deutlich demonstriert. Darüber



WATTS erste
Dampfmaschine
(Schema)

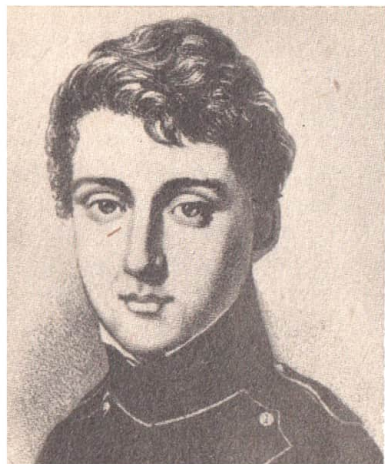
Schema
der 1776
in der Praxis
eingeführten
Dampfmaschine
WATTS

hinaus gelang WATT die Erfindung der über einen Fliehkraftregler gesteuerten Drosselklappe, wodurch innerhalb der Maschine ein der jeweils erforderlichen Arbeitsleistung entsprechender Dampfdruck selbsttätig erzeugt werden konnte. Bemerkenswert ist das sogenannte WATTSche Parallelogramm, eine Vorrichtung des äußeren kräfteübertragenden Gestänges.

Über die Druck-Volumen-Verhältnisse innerhalb des Arbeitszylinders der Dampfmaschine hatte WATT bereits sehr genaue Vorstellungen. Wie aus der Patentbeschreibung aus dem Jahre 1782 hervorgeht, benutzte er schon zu diesem Zeitpunkt die Form graphischer Darstellungen. Später entwickelte er einen Indikator, durch den die Expansionskurven des Dampfes während des Betriebes aufgezeichnet wurden. Mit der Einführung der Maßeinheit „Pferdestärke“ trug er dazu bei, die Leistungsfähigkeit von Dampfmaschinen vergleichen zu können. Ihm zu Ehren wurde später die Leistungseinheit „Watt“ benannt.

Während der Jahre erfolgreicher Tätigkeit hatte WATT auch viel Unglück erlebt. Seine erste Frau und zwei Kinder aus erster Ehe waren ebenso wie der Sohn und eine Tochter aus zweiter Ehe gestorben, so daß ihm im Alter nur ein Sohn blieb. Es dauerte bis in die achtziger Jahre des 18. Jahrhunderts, ehe WATT und BOULTON einen wirtschaftlichen Nutzen aus der inzwischen zahlreich verbreiteten Niederdruckdampfmaschine ziehen konnten. Jetzt wurde WATT mit Ehrungen überhäuft. Er wurde Mitglied der Royal Society und Ehrendoktor der Universität Glasgow. Den Adelstitel anzunehmen, hatte er abgelehnt. Dem zeit seines Arbeitslebens oft kränkenden WATT blieben nach dem Auslaufen des Geschäftsvertrages mit BOULTON noch 19 Jahre, die er bei relativ guter Gesundheit und frei von materiellen Sorgen auf seinem Landgut in Heathfield bei Birmingham verbrachte, bis er dort am 19. August 1819 starb.

Zu diesem Zeitpunkt war ein anderer für die Geschichte der Wärmelehre bedeutender Mann, NICOLAS LEONHARD SADI CARNOT, gerade erst 23 Jahre alt; aber be-



reits 1824 erschien sein wichtigstes Werk, dessen Titel in deutscher Übersetzung lautet: „Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers und die zur Entwicklung dieser Kraft geeigneten Maschinen“ [8]. Aus heutiger Sicht steht es am Anfang der 1850 gegründeten Thermodynamik.

CARNOT wurde am 1. Juni 1796 in Paris geboren. Bereits unter seinen Vorfahren gab es eine Reihe angesehener Gelehrter und Politiker. Sein Vater, LAZARE NICOLAS MARGUERITE CARNOT, der als Organisator der französischen Revolutionsarmee und Kriegsminister, aber auch als Mathematiker Bedeutendes leistete, wurde später verbannt und lebte nach 1815 in Magdeburg, einer Stadt, in der sich CARNOT von 1821 ab aufhielt und seine Gedanken über die Wärme und ihre optimale Ausnutzung entwickelte. Ab 1812 besuchte er jedoch erst einmal die berühmte École polytechnique. Bevor er sich ausschließlich auf die Probleme der Naturwissenschaften konzentrierte, war CARNOT von 1814 bis 1819 als Ingenieuroffizier in der französischen Armee tätig.

Bereits WATT wußte, daß die Verwendung möglichst hoher Drücke und Temperaturen in der Dampfmaschine für die Erzielung großer Leistungen von Nutzen war. In ständig neuen Experimenten hatte er sich darum bemüht, diese Leistungen, d. h. also vor allem den mit einer bestimmten Wärmemenge erreichbaren mechanischen Effekt, zu erhöhen, ohne daß er jedoch allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten für diesen Prozeß gefunden hätte. Die Erarbeitung eben solcher exakter Vorstellungen war das Ziel der von CARNOT durchgeführten Überlegungen, in deren Mittelpunkt ein Kreisprozeß mit einer idealen Wärmekraftmaschine stand. Er verneinte dabei ausdrücklich die Möglichkeit eines perpetuum mobile als unvereinbar mit „den Gesetzen der Mechanik und einer gesunden Physik“. In seine Überlegungen schloß er jedoch erstmals Betrachtungen des quantitativen Zusammenhangs von Wärme und Arbeit ein und fand für eine der besten zu seiner Zeit bekannten Dampfmaschinen, daß sie nur $1/20$ „von der bewegenden Kraft des Brennstoffmaterials“ ausnutzt. „Trotz der mannigfaltigen Arbeiten über die Wärmemaschinen,

trotz des befriedigenden Zustands, zu dem sie gegenwärtig gelangt sind, ist ihre Theorie doch sehr wenig fortgeschritten, und die Versuche zu ihrer Verbesserung sind fast nur vom Zufall geleitet“, schrieb er zu Beginn seiner Arbeit. [8; S. 6]

CARNOT erkannte, daß die Gewinnung von „bewegender Kraft“ durch die Dampfmaschine mit dem Übergang einer Wärmemenge von einem höheren zu einem niederen Temperaturniveau verbunden ist und das letzten Endes die Ausbeute an verwertbarer Arbeit allein durch die Differenz dieser Niveaus bestimmt wird. Auch den umgekehrten Vorgang hielt CARNOT für möglich, die Aufwendung von „bewegender Kraft“ zur Rückführung der Wärme auf das höhere Temperaturniveau. Diese Erkenntnis diente CLAUSIUS als Ausgangspunkt für den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. [9; S. 50]

1824 hatte sich CARNOT noch nicht von der Vorstellung des sogenannten Wärmestoffs gelöst und war davon ausgegangen, daß – ähnlich wie das Wasser bei einem Wasserfall – auch dieser Wärmestoff nicht verbraucht würde, wenn er von dem oberen auf das untere Temperaturniveau „transportiert“ wird, um Arbeit zu gewinnen. Wir wissen heute, daß schon im 18. Jahrhundert EULER und D. BERNOULLI sowie vor allem der russische Gelehrte LOMONOSSOW davon überzeugt waren, daß die Ursache für die Wärmeerscheinungen in der unterschiedlichen Bewegung der kleinsten Teilchen eines Körpers zu suchen ist, obwohl die Theorie von der Existenz eines Wärmestoffs noch längere Zeit vertreten wurde. Die soliden Leistungen LOMONOSSOWS auch auf zahlreichen anderen Gebieten, die erst viele Jahre nach seinem Tod in der wissenschaftlichen Welt eine angemessene Würdigung erfuhren, gründeten sich neben seinen Studien in Moskau, Kiew und Petersburg auf ebensolche in Marburg und Freiberg, wo er sich mit Philosophie, Physik, Mathematik, Chemie sowie Bergbau und Hüttenwesen beschäftigt hatte.

Aus den im Jahre 1878 veröffentlichten Notizen aus dem handschriftlichen Nachlaß CARNOTS – denen auch die relativ wenigen, uns bekannten Angaben über sein Leben beigelegt sind – geht hervor, daß er sich nach 1824 diesen Vorstellungen angenähert und selbst ein Wärmeäquivalent berechnet hatte. CARNOT starb am 24. August 1832 mit 36 Jahren in Paris an der Cholera.

Lebensdaten zu JAMES WATT

1736	am 19. Januar in Greenock bei Glasgow geboren
1754 bis 1756	Lehrzeit in Glasgow und London, danach Universitätsmechaniker in Glasgow
1765	WATT erfindet den Kondensator
1769	Patent Nr. 913 für eine mit Kondensator arbeitende Maschine
1775	Geschäftsvertrag mit der Firma Boulton und Verlängerung des Patents bis zum Jahre 1800
1781 bis 1784	Patente für weitere Verbesserungen
1819	19. August, WATT stirbt in Heathfield bei Birmingham

Lebensdaten zu SADI CARNOT

1796	am 1. Juni in Paris geboren
1812	Schüler der École polytechnique
1814	Ingenieur-Offizier bei der französischen Armee
1821	Reise nach Deutschland
1824	CARNOTS einziges, aber für die Thermodynamik bedeutsames Werk wird in Paris veröffentlicht
1832	CARNOT stirbt am 24. August in Paris an der Cholera

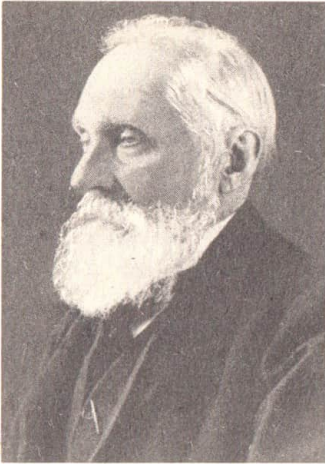
Literaturverzeichnis zu JAMES WATT und SADI CARNOT

- [1] Geitel, M.: Die Geschichte der Dampfmaschine bis James Watt. R. Voigtländer Verlag, Leipzig 1913.
- [2] Engels, F.: Dialektik der Natur. Dietz Verlag, Berlin 1973.
- [3] Marx, K. / Engels, F.: Werke. Bd. 23, Dietz Verlag, Berlin 1962.
- [4] Matschoß, C.: Große Ingenieure. J. F. Lehmann Verlag, München 1954.
- [5] Biedenkapp, G.: James Watt und die Erfindung der Dampfmaschine. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1911.
- [6] Matschoß, C.: Geschichte der Dampfmaschine. Springer Verlag, Berlin 1901.
- [7] Friedt, H.: Zur Geschichte der Dampfmaschine. Verlag Volk und Wissen, Berlin 1964.
- [8] Carnot, S.: Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 37, Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig 1892.
- [9] Clausius, R.: Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. In: Clausius, Rudolf: Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie. Verlag Vieweg und Sohn, Braunschweig 1864, S. 50.
- [10] Matschoß, C.: Männer der Technik. VDI-Verlag, Berlin 1925.
- [11] Sittauer, H. L.: James Watt. In: Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 53, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1981.

WILLIAM THOMSON – LORD KELVIN OF LARGS (1824 bis 1907)

THOMSON, ein hervorragender Theoretiker und Experimentator, erzielte in der Elektrodynamik im Vorfeld der elektromagnetischen Feldtheorie und bei der Herausbildung der Thermodynamik wichtige Ergebnisse. Die Einheit Kelvin, der Joule-Thomson-Effekt und die Thomsonsche Schwingungsformel sind jedem mit der Physik Vertrauten geläufige Bezeichnungen. Daneben lieferte THOMSON zu so weit auseinanderliegenden Gebieten wie denen der Elastizitätslehre, Hydrodynamik, Kosmologie und Geophysik wesentliche Beiträge. Seine hervorragende Bedeutung besteht aber auch darin, daß er, wie kaum ein anderer Physiker des 19. Jahrhunderts, physikalische Erkenntnisse für die anlaufende elektrotechnische Produktion aufbereitete und insbesondere dadurch die submarine Telegraphie über lange Strecken erst ermöglichte.

THOMSON wurde am 26. 6. 1824 in Belfast als Sohn eines Mathematiklehrers und späteren Mathematikprofessors an der Universität Glasgow geboren. Als er 6 Jahre



WILLIAM THOMSON –
LORD KELVIN OF LARGS

alt war, starb seine Mutter und ließ ihren Mann mit einer Schar kleiner Kinder zurück. Der Vater unterrichtete seine beiden Söhne zuerst selbst, und er erreichte, daß sie – noch nicht zehn Jahre alt – seinen eigenen und den Vorlesungen seiner Kollegen an der Universität beiwohnen durften. Zu Hause bauten die Brüder zeitgenössische Experimentiergeräte wie Leidener Flaschen oder Voltasche Batterien nach. Schon als Zehnjähriger wurde THOMSON an der Universität Glasgow immatrikuliert und absolvierte von 1841 bis 1845 das Petershouse-College in Cambridge, wo er den begehrten „Smith-Preis“ gewann. Trotz seines intensiven Studiums war THOMSON auch im Sport als Ruderer erfolgreich, war eine Zeit lang Präsident einer musikalischen Studentenvereinigung und blies bis ins hohe Alter das Waldhorn virtuos. Angeregt durch LAPLACES Werk „Die Himmelsmechanik“, verfaßte er schon als Sechzehnjähriger einen Essay „Über die Gestalt der Erde“, der als Ausgangspunkt seiner späteren Untersuchungen über die Planetenentstehung und über die Datierung der Entstehung des Lebens auf der Erde zu werten ist. Ausgehend von FOURIERS Buch „Über die analytische Theorie der Wärme“, untersuchte er mathematische Analogien zwischen der Wärmeleitung und elektrischen und magnetischen Feldern, prägte und verknüpfte erstmals bestimmte von FARADAY nur angedeutete Feldbegriffe mathematisch, setzte die Potentialtheorie zur Lösung elektrostatischer Aufgaben ein und baute darauf seine Methode der elektrostatischen Bilder auf. Diese Arbeiten aus der Zeit bis 1850 bildeten neben den Forschungen FARADAYS den Ausgangspunkt MAXWELLS für die mathematische Umsetzung der elektromagnetischen Feldtheorie (\nearrow FARADAY/MAXWELL).

1846 vervollständigte THOMSON seine Kenntnisse in Paris, und nach seiner Rückkehr im selben Jahr wurde er 22jährig Professor der Physik an der Universität Glasgow, der er bis zu seiner Emeritierung 1895 treu blieb.

In Glasgow wandelte er einen Weinkeller in ein physikalisches Labor um, richtete das erste physikalische Praktikum Englands für Studenten ein und gründete mit einem Feinmechaniker eine Instrumentenfabrik, die wissenschaftliche und Te-



legraphengeräte herstellte. Zeitweilig befaßte sich THOMSON eingehend mit Konstruktionsaufgaben. Von dieser Zeit an spaltete THOMSON in einigen Lebensphasen seine Arbeitskraft zwischen der Grundlagenforschung und der Tätigkeit für die industrielle Nutzung physikalischer Erkenntnisse auf. Diese Zersplitterung wurde durch die ihm eigene Weitläufigkeit der Interessen noch gefördert.

Kurz vor 1850 vertiefte sich THOMSON, angeregt von CARNOTS Forschungen zum Kreisprozeß, in die Probleme der Wärmelehre. 1848 definierte er thermodynamisch eine absolute Temperaturskala. Er hielt aber trotz der in diese Zeit fallenden allgemeinen Anerkennung des Energieerhaltungssatzes (↗MAYER/HELMHOLTZ) an der Existenz eines besonderen Wärmestoffes fest.

Diese Barriere überwand 1850 RUDOLF CLAUDIUS, der die Vorstellung der Bewegungstheorie der Wärme mit der Umwandlung von Wärme in mechanische Arbeit verband und darauf die dynamische Wärmetheorie, die erste Ausarbeitungsstufe der Thermodynamik, aufbaute.

CLAUDIUS, geboren am 2. 1. 1822, war der sechste Sohn unter achtzehn Kindern eines Oberlehrers. Er studierte in Berlin, verdiente daneben durch Privatunterricht, um seine jüngeren Geschwister zu unterstützen. Er wurde 1855 Professor an dem Polytechnikum in Zürich, dann in Würzburg und ab 1869 in Bonn, wo er am 24. 8. 1888 starb. CLAUDIUS hat großen Anteil am Ausbau der kinetischen Gastheorie (ab 1857), und ihm gelang 1865 durch Einführung der Zustandsgröße Entropie die mathematische Formulierung des zweiten Hauptsatzes.

Sein Werk setzte der am 20. 2. 1844 in Wien als Sohn eines Steuerbeamten geborene LUDWIG BOLTZMANN fort. Nach seinem Studium in Wien war er Professor der Physik in Graz, München, Wien, Leipzig und wieder in Wien. Trotz hoher Anerkennung wechselten seine Stimmungen zwischen übermütigem Humor und tiefer Depression. In einem solchen schwermütigen Zustand setzte er am 5. 9. 1906 in Duino bei Triest seinem Leben selbst ein Ende. BOLTZMANN war ein unbeirrter Ver-



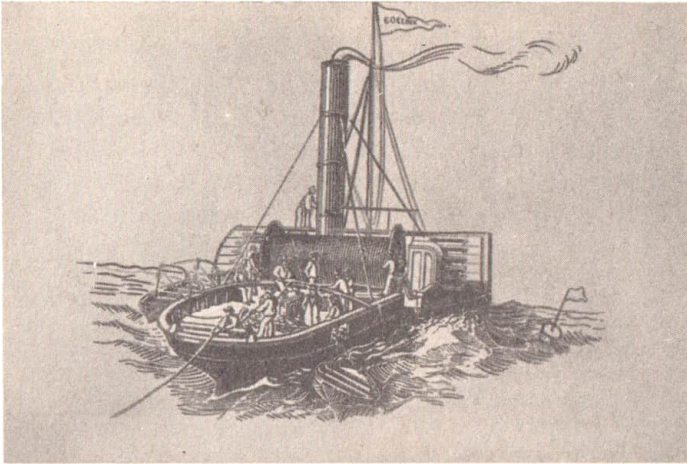
fechter der Atomistik und des naturwissenschaftlichen Materialismus. Er bekämpfte den Positivismus und vor allem OSTWALDS Energetismus, eine Lehre, die die Energie als das letztlich Reale betrachtete. BOLTZMANN'S Hauptleistung bestand darin, daß er auf der Basis einer von ihm erarbeiteten Statistik die Entropie als Funktion der Wahrscheinlichkeit darstellte, damit die Nichtumkehrbarkeit thermodynamischer Prozesse erklärte und so den Bruch zwischen klassischer Mechanik und Thermodynamik vollzog.

CLAUSIUS und THOMSON hatten schon um 1852 den zweiten Hauptsatz auf das Universum ausgedehnt, THOMSON daraus eine „Zerstreuung“ der Energie im Welt-raum gefolgert und CLAUSIUS auf einen „Wärmetod“ geschlossen, der dann einträte, wenn sich alle Temperaturunterschiede im Universum ausgeglichen hätten. Diese von der Kirche als Bestätigung der Schöpfungsgeschichte vom Anfang und Ende der Welt aufgegriffene Hypothese erwies sich jedoch schon mit der Entdeckung der Radioaktivität als historisch bedingtes Fehlurteil.

THOMSON und sein Freund JOULE (→MAYER/JOULE) widmeten sich nach 1850 auch der technischen Thermodynamik, untersuchten die damals aufkommenden Heißluftmaschinen und entdeckten 1852 den nach ihnen benannten Effekt, den u. a. LINDE zur Verflüssigung bisher nicht kondensierbarer Gase ausnutzte.

Aus der Entwicklung der Thermodynamik ergab sich ein Impuls für die Konstruktion von Gasmotoren. OTTO konstruierte nach dem Bau anderer Ausführungsformen 1876 den Viertaktmotor für Benzin. Ausgehend von dem Problem, wie der Wirkungsgrad eines realen Kreisprozesses an den des Carnotschen reversiblen Kreisprozesses angenähert werden könnte, schuf DIESEL nach umfangreichen Vorarbeiten 1897 den nach ihm benannten Gasölmotor.

Kurz nach 1850 erschloß sich THOMSON ein praktisches Arbeitsgebiet, durch das seine Grundlagenforschungen zeitweise zum Erliegen kamen. Ausgehend von der Analogie zum Pendel, entwickelte er 1853 aus der Wechselwirkung von Kapazität,



Legung
eines
der ersten
Unterseekabel
(um 1850)

Induktivität und Ohmschem Widerstand die Theorie der elektrischen Schwingungen und stellte die nach ihm benannte Schwingungsformel auf, die erstmals von dem in Leipzig lebenden FETTERSEN verifiziert wurde. Kurz darauf kam THOMSON mit der schnell wachsenden Telegraphenindustrie in Verbindung. 1851 war das erste Seekabel zwischen Dover und Calais verlegt worden. Hierbei zeigten sich im Gegensatz zu Freileitungen Verzerrungen, Dämpfung und Verzögerung der Telegraphensignale. THOMSON nahm sich des Problems an, stellte 1854 im Anschluß an FARADAYS Forschungen über Dielektrika und FURIERS Theorie der Wärmeleitung eine Differentialgleichung für die Ausbreitung der Signale auf, die auch die elektrische Kapazität der Kabel berücksichtigte. Für diese Vorform der Telegraphengleichung erhielt er Lösungen, die eine Dämpfung mit dem Quadrat der Kabellänge ergaben. Dies war ein Impuls für viele Physiker, in das physikalische Neuland der Ausbreitung stationärer Ströme einzudringen.

THOMSON wurde einer der Direktoren des 1856 gegründeten Atlantikkabelunternehmens, ließ als erste Maßnahme den Reinheitsgrad des verwendeten Kupfers prüfen und verbessern, und ohne Bezahlung beaufsichtigte er die Legung des ersten Kabels 1857, das jedoch nach 330 Seemeilen brach. Er leitete auch die zweite und die dritte, nun endlich geglückte Kabellegung. Jedoch auch dieses Kabel blieb nur einen Monat betriebsfähig. Erst mit dem 1866 wieder unter THOMSONS Leitung verlegten gründlich verbesserten Kabel konnte ein ständiger Transatlantiktelegraphenverkehr erzielt werden. Ausschlaggebend für den Erfolg war der Beitrag THOMSONS, der für die ständige Funktionsprüfung während der Legung ein sogenanntes „Marinegalvanometer“ konstruierte. Für den Dauerbetrieb entwickelte er einen äußerst empfindlichen Schreibtelegraphen mit einer Drehspule als Kernstück, den Heberschreiber, mit dem der Telegraphenverkehr erst rentabel gestaltet werden konnte. Damit erzielte die Gesellschaft erhebliche Gewinne (25 Worte kosteten damals rund 100 englische Pfund), während der Erfinder THOMSON als Wissenschaftler mit einem geringen Geldbetrag abgefunden wurde.

THOMSON, dessen politische Einstellung in der Jugend zum Liberalismus tendierte, der 1871 als Kriegsgegner und noch 1892 als Verfechter der Rechte der Armen auftrat, paßte sich in späteren Jahren den Ansichten und Haltungen der Industriebourgeoisie an. Da er sah, daß seine praktischen Forschungen den Kapitalisten große Profite einbrachten, ließ er viele seiner späteren Erfindungen (u. a. Galvanometer, Lotungsgerät, neuartiger Kompaß) patentieren, gewann dadurch an Einfluß und Reichtum, so daß er beispielsweise für seine zweite Frau bei Glasgow 1881 ein komfortables Haus bauen lassen konnte. Nicht nur seinen wissenschaftlichen Leistungen, sondern auch dieser politischen Haltung verdankte er 1892 die Erhebung in den höchsten englischen Adelsstand. Den Namen LORD KELVIN OF LARGS wählte er nach dem Fließchen Kelvin, das durch seinen Wohnort Largs nahe Glasgow fließt.

Nach 1870 waren THOMSONS Forschungen weniger erfolgsgekrönt. Seine Zweifel an der Richtigkeit der elektromagnetischen Feldtheorie und seine Vorstellungen über einen „Wirbeläther“ als Lichtträger und „Wirbelatome“ als letzte Bausteine der Materie wiesen nunmehr auf die durch mechanische Überlegungen geprägte Unzulänglichkeit seiner späten physikalischen Grundauffassung hin. Als er am 17. 12. 1907 in Netherhall starb, waren diese Anschauungen schon überholt, aber seine Auffassung über die Wechselwirkungen von Physik und Produktion hatte bereits Früchte getragen. Sein vielbeachteter Ausspruch: „Das Leben und die Seele der Wissenschaft ist ihre praktische Anwendung“, unterstreicht noch einmal seine in dieser Hinsicht über sein Jahrhundert hinausragende Einstellung.

Lebensdaten zu WILLIAM THOMSON (LORD KELVIN OF LARGS)

1824	am 26. 6. in Belfast als Sohn eines Mathematiklehrers geboren
1834	Immatrikulation an der Universität Glasgow
1841 bis 1845	Studium in Cambridge. Theoretische Forschungen zur Elektrizitätslehre
1846	Studienaufenthalt in Paris. Berufung zum Physikprofessor in Glasgow. Teilhaber einer Instrumentenfabrik
1848	Studien zur Wärmelehre. Thermodynamische Definition der Temperatur (Einheit Kelvin)
1852	Entdeckung des Joule-Thomson-Effekts
1853	Entwicklung der Theorie elektrischer Schwingungen. Thomsonsche Schwingungsformel
1854	Differentialgleichung für die Ausbreitung elektrischer Impulse: Vorform der „Telegraphengleichung“
1856	Direktor des Atlantikkabelunternehmens
1858 bis 1866	Beaufsichtigung und Leitung von vier Kabellegungen zwischen Europa und Nordamerika, letzte u. a. durch THOMSONS Verbesserung des Kabels endlich erfolgreich
1867	Konstruktion eines Telegraphengeräts (Heberschreiber), durch das Transatlantiktelegraphenverkehr rentabel wird
1892	Erhebung in den höchsten englischen Adelsstand: LORD KELVIN OF LARGS
1907	17. 12. in Netherhall, Largs bei Glasgow gestorben

Literaturverzeichnis zu WILLIAM THOMSON (LORD KELVIN OF LARGS)

- [1] Kelvin's collected mathematical and physical papers. 6 Bde. University Press, Cambridge 1882–1911.
- [2] Thompson, S. P.: The Life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs, London 1910.
- [3] Crowther, J. G.: Große englische Forscher, Berlin 1948, S. 194 bis 247.
- [4] Schreier, W.: William Thomson – Lord Kelvin of Largs. In: „Physik in der Schule“, Berlin 12 (1974) 7/8, S. 297 bis 303.
- [5] Clausius, R.: Die mechanische Wärmetheorie, 3 Bde., Verlag Vieweg und Sohn, Braunschweig 1876 bis 1881.
- [6] Bonge, G.: Rudolf Clausius, ein Physiker des 19. Jahrhunderts. In: „Urania“ 19 (1956), S. 23 bis 238.
- [7] Boltzmann, L.: Wissenschaftliche Abhandlungen, 3 Bde., Teubner-Verlag Leipzig 1909.
- [8] Broda, E.: Ludwig Boltzmann, Berlin 1957
- [9] Sittauer, H. L.: Nikolaus August Otto und Rudolf Diesel. 3. Auflage, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1982.

AUGUSTIN JEAN FRESNEL (1788 bis 1827)

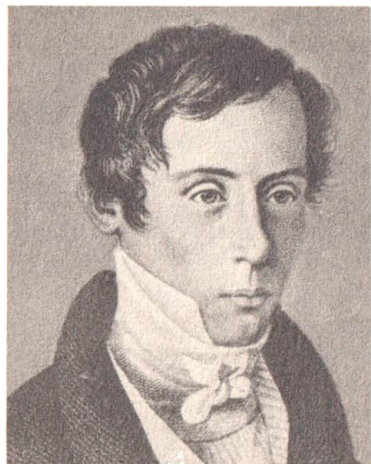
FRESNELS Lebenswerk besteht in der Hauptsache darin, daß er die im 18. Jahrhundert fast vergessene Wellentheorie des Lichts wiederbelebte, sie physikalisch fundierte und ihr schließlich gegen die vorherrschende Korpuskulartheorie zur Anerkennung verhalf. Damit leitete er eine Entwicklung ein, die in der elektromagnetischen Lichttheorie im Rahmen der klassischen Physik ihre Vollendung fand.

FRESNEL wurde am 10. Mai 1788 – ein Jahr vor dem Beginn der Französischen Revolution – in Broglie bei Bernay in der Normandie als Sohn eines Baumeisters geboren. Sein Geburtsort gehörte zum Herrschaftsbesitz einer Familie, aus der später selbst ein berühmter Physiker, nämlich der Nobelpreisträger LOUIS DE BROGLIE (↗ DE BROGLIE) hervorgegangen ist.

Nachdem seine Familie in das kleine Dorf Mathieu bei Caen umgezogen war, besuchte FRESNEL seit 1801 zusammen mit seinem ältesten Bruder die Zentralschule in Caen. 1804 trat er in die berühmte Pariser École Polytechnique ein, in der bekannte französische Gelehrte wie z. B. MONGE, PRONY und POISSON seine Lehrer waren. [1; S. 279]

Bei MONGE lernte FRESNEL die Methoden der sich damals gerade herausbildenden darstellenden Geometrie kennen. Solche Studien haben seine spätere räumliche Interpretation des Ausbreitungsmechanismus des Lichtes unterstützt. In den Lehrveranstaltungen von PRONY erwarb FRESNEL jenes moderne Rüstzeug der mathematischen Analysis, das ihn später zur Behandlung verschiedener theoretischer und angewandter Probleme der Physik befähigte.

In den gut eingerichteten physikalischen und chemischen Laboratorien des Polytechnikums eignete sich FRESNEL handwerkliche und experimentelle Fertigkeiten an, die Voraussetzung für seine grundlegenden optischen Versuche waren. [1; S. 281]



Nach Abschluß dieser Ausbildung besuchte FRESNEL noch einige Zeit die École des Ponts et Chaussées, um danach als Ingenieur im Straßen- und Brückenbau zu arbeiten. [2] Auf diesem Gebiet war er bis zu seinem frühen Tode tätig. Mit physikalischen Problemen hat er sich immer nur nebenbei befassen können. Er sah in seinen wissenschaftlichen Studien einen willkommenen Ausgleich zu den Mühen und Schwierigkeiten seines beruflichen Alltags, wobei ihm die mit seiner Tätigkeit verbundene Pflicht zur Beaufsichtigung der Arbeiter und Lieferanten besonders unangenehm war. Dazu schrieb er später einmal in einem Brief: „Ich finde nichts so unerfreulich wie die Notwendigkeit, Leute anzuleiten, und ich gestehe, daß ich nicht imstande bin, das zu tun.“ [1; S. 242]

Einen ersten Hinweis auf die Beschäftigung FRESNELS mit optischen Problemen findet man in einem Brief an seinen Bruder Leonor vom Mai 1814, in dem er schreibt: „Vor einigen Monaten las ich im ‚Moniteur‘, daß BIOT im Institut eine interessante Vorlesung über die Polarisation des Lichtes gehalten hat. Ich zerbreche mir vergeblich den Kopf: Ich kann nicht erraten, worum es geht.“ [1; S. 243]

Die durch FRESNELS berufliche Tätigkeit bedingte wissenschaftliche Isolation wurde durch die politischen Ereignisse des Jahres 1815 unterbrochen. NAPOLEONS Rückkehr aus der Verbannung von der Insel Elba erschien FRESNEL als Wiederkommen der Gewaltherrschaft. Ohne Rücksicht auf seinen schlechten Gesundheitszustand zu nehmen, stellte er sich den königlichen Truppen zur Verfügung, die vergeblich versuchten, den Siegesmarsch des Kaisers auf Paris aufzuhalten. FRESNEL geriet in Gefangenschaft und wurde von der Regierung der sogenannten „Hundert-Tage-Herrschaft“ seines Ingenieurpostens enthoben und unter Polizeiaufsicht gestellt. Er konnte jedoch zu seiner Mutter nach Mathieu zurückgehen. [2] Auf der Reise dahin begegnete er in Paris ARAGO, den er vom Polytechnikum her gut kannte. [1; S. 283]

Die gemeinsamen Gespräche über die letzten Fortschritte der Optik, insbesondere über die Beugungserscheinungen, haben FRESNEL tief beeindruckt. Er wurde

zu grundlegenden optischen Experimenten angeregt, die er in seiner ländlichen Abgeschiedenheit mit relativ groben Instrumenten auch durchführte. So baute er sich zum Beispiel mit Hilfe von Drähten und einem Stück Karton ein Mikrometer. Von einem einheimischen Schlosser ließ er sich Stative anfertigen. Die Ergebnisse seiner Beugungsversuche faßte er in zwei ausführlichen Abhandlungen zusammen, die er Ende 1815 der Französischen Akademie der Wissenschaften im Abstand von einigen Wochen vorlegte. [1; S. 245 bis 246]

Nach der erneuten Machtergreifung des französischen Königshauses, der Bourbonen, konnte FRESNEL seine Tätigkeit als Ingenieur wieder aufnehmen. Er arbeitete zunächst in der Bretagne, wurde später jedoch als „Inspektor für die Pflasterung der Hauptstadt“ nach Paris versetzt, was seine wissenschaftlichen Kontakte und damit natürlich auch seine wissenschaftliche Aktivität sehr gefördert hat.

So konnte FRESNEL 1816 seine beiden im Vorjahre vorgelegten Abhandlungen überarbeiten und unter dem Titel „Abhandlung über die Beugung des Lichtes“ im ersten Band der zweiten Serie der „Annales de chimie et de physique“ veröffentlichen. [3]

Die Physiker hatten vor FRESNEL unterschiedliche Vorstellungen über das Wesen des Lichts (\nearrow NEWTON \nearrow HUYGENS) entwickelt, in die sich insbesondere die Beugungserscheinungen schwer einfügen ließen, die bereits GRIMALDI 1665 beschrieben hatte und die auf verschiedene Weise gedeutet worden waren. Erst anfangs des 19. Jahrhunderts wurde das Übergewicht der durch die Newtonsche Mechanik gestützten „Korpuskulartheorie“ bzw. „Emissionstheorie“ zugunsten einer „Wellentheorie“ aufgehoben. LAUE nannte deshalb die Zeit von 1800 bis etwa 1835 das „heroische Zeitalter der Wellentheorie“. [4; S. 44]

Diese Entwicklung begann mit dem Wirken des sehr vielseitig interessierten und begabten THOMAS YOUNG (1773 bis 1829), der sich während seines Medizinstudiums auch mit vielen physikalischen Problemen beschäftigte. Nachdem er im Jahre 1793 vor der Royal Society einen Vortrag zu Beobachtungen über das Sehen gehalten hatte, wurde er bereits ein Jahr später als 21jähriger Student zum Mitglied dieser Gesellschaft ernannt. [5]

YOUNG wirkte seit 1799 als Arzt in London. Nebenher war er von 1801 bis 1804 Professor für Physik an der erst 1799 gegründeten Royal Institution. Hier lehrte er im Fach Angewandte Mathematik u. a. über elastische Eigenschaften der Metalle im Anschluß an HOOKES Elastizitätsgesetz und definierte den Elastizitätsmodul. Das führte auch zu Überlegungen über die Elastizität des angenommenen Lichtäthers. [6; S. 62]

Aus Betrachtungen der gegenseitigen Durchdringung von Wasser- bzw. Schallwellen schuf YOUNG das Interferenzprinzip. 1801 wandte er dieses Prinzip auf optische Erscheinungen an. Er konnte so die Newtonschen Ringe erklären und Abschätzungen für die Wellenlängen des Lichtes vornehmen. [5; S. 519]

YOUNG führte Beugungsversuche am einfachen Spalt, am Doppelspalt und an schmalen Gegenständen (wie Haare, Metalldrähte u. a.) durch. Die Beugungsbilder erklärte er als Interferenzerscheinungen zwischen den sich direkt (entsprechend



THOMAS YOUNG

den Gesetzen der geometrischen Optik) ausbreitenden Lichtwellen und den vom beleuchteten Rand des Beugungsobjektes ausgehenden Streuwellen. [1; S. 213 ff.]

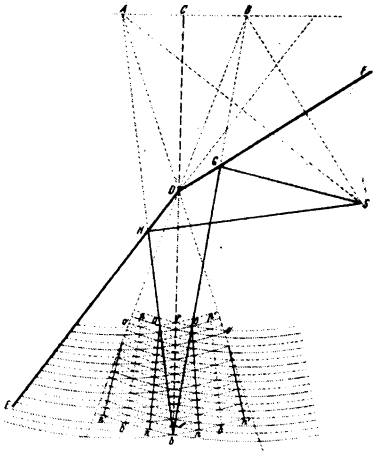
YOUNGS vielseitiges Schaffen ging über den Bereich der Physik hinaus. Er beteiligte sich an der Ausarbeitung von Tabellen für Lebensversicherungen, war Mitautor an dem berühmten englischen Nachschlagwerk „Encyclopaedia Britannica“ und schrieb auch eine Arbeit über die Entzifferung der ägyptischen Hieroglyphen. 1818 wurde er mit der Herausgabe des Nautischen Almanachs, eines für die Schifffahrt äußerst wichtigen Navigationsbuches, betraut. Im Jahre 1817 wählte man ihn als eines der auf acht begrenzten ausländischen Mitglieder der Französischen Akademie der Wissenschaften. [5]

Die Ergebnisse YOUNGS wurden wegen der alles überragenden Autorität NEWTONS in England zunächst kaum beachtet. Hierzu kam, daß die im Jahre 1808 von MALUS entdeckte Polarisation des Lichts mit Hilfe der Auffassung von longitudinalen Lichtwellen nicht erklärt werden konnte und deshalb als Beweis für die Widerlegung der Wellentheorie des Lichtes angesehen wurde. Die Anhänger der Teilchentheorie des Lichtes hatten mit der Annahme gewisser „Kraftpole“ der Lichtpartikel eine vermeintlich bessere Erklärung. Auf die Annahme solcher Pole ist auch der Name „polarisiertes“ Licht zurückzuführen. [5; S. 521]

ARAGO hatte FRESNEL auf die YOUNGSchen Arbeiten aufmerksam gemacht. Es kam zu einem intensiven brieflichen und auch persönlichen Gedankenaustausch. Viele Vorstellungen YOUNGS wurden von FRESNEL aufgenommen und kritisch weiterverarbeitet.

Im Jahre 1817 schrieb die Französische Akademie einen Wettbewerb um den Großen Preis der mathematischen Wissenschaften des Jahres 1819 aus, bei dem die Beugung des Lichts durch experimentelle Untersuchung und theoretische Analyse umfassend zu beschreiben war. Auf die Bitte von ARAGO und AMPÈRE hin entschloß sich FRESNEL zur Teilnahme. Im April 1818 reichte er eine überarbeitete Zusammenfassung ein.

Originaldarstellung FRESNELS
zum Winkelspiegel



menfassung seiner schon vorgelegten Beiträge zur Lichtbeugung ein.[3] Im Jahre darauf wurde die Arbeit von der Akademie prämiert. Die Jury bestand aus ARAGO, BIOT, GAY-LUSSAC, LAPLACE und POISSON. [1; S. 257]

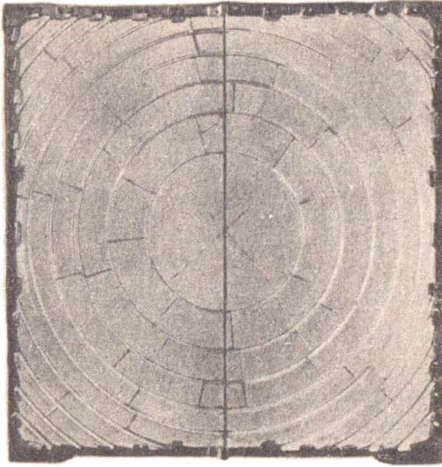
Eine umfassende Darstellung der Wellentheorie des Lichtes findet man in der im Jahre 1822 veröffentlichten Arbeit „Über das Licht“. [1; S. 223 bis 238]

Den Arbeiten FRESNELS verdankt die Physik außer vielen Einzelbeobachtungen zur Beugung und zur Interferenz die Theorie der Beugung in Form der Zonenkonstruktion, wobei er das HUYGENSSche Prinzip mit dem YOUNGSchen Interferenzprinzip verknüpfte. FRESNEL betrachtete zur Erklärung der Beugung am Spalt periodische Wellen, die von allen Stellen des Spaltes ausgehen und die sich je nach dem Ablenkungswinkel und der Wellenlänge zonenweise auslöschen oder verstärken.

Bei seinen Beugungsversuchen am Haar bewies er die Richtigkeit seiner Wellenauffassung zum Beispiel damit, daß er durch Abdecken der einen Seite die Streifen zum Verschwinden brachte. Damit war gezeigt, daß die Interferenz eine Erscheinung ist, die nur durch das Zusammenwirken der an beiden Seiten des Haares vorbeigehenden Strahlen zustande kommen kann.

FRESNEL verbesserte die Methodik und Genauigkeit der Beobachtungen dadurch, daß er anstelle der punktförmigen Löcher Spalte anbrachte und die entstehenden Streifen mit einer Lupe beobachtete.

Da über das Wesen der Beugung noch nicht restlose Klarheit herrschte, suchte FRESNEL eine experimentelle Anordnung, bei der Interferenz ohne Beugung auftreten sollte. Mit seinem klassischen Spiegelversuch wollte er jeden Zweifler von der Gültigkeit des Interferenzprinzips und damit von der Wellennatur des Lichtes überzeugen. Hier hatte er kohärentes Licht, einfache Reflexionen an gleichartigen Spiegelflächen und einfach überschaubare geometrische Verhältnisse. [8; S. 78 ff.] So konnte FRESNEL nach Auswertung seines Spielexperimentes feststellen: „Es ist also völlig erwiesen, daß in gewissen Fällen Licht, hinzugefügt zu Licht, Dunkelheit erzeugt.“ [1; S. 232]



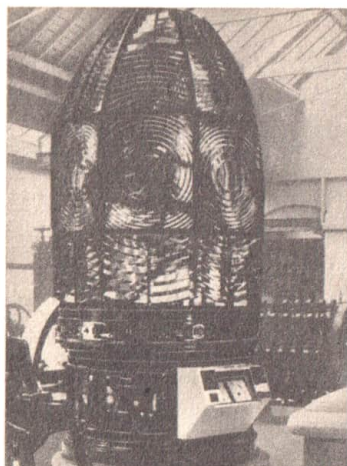
Erste kreisförmige Zonenlinse
(1821)

FRESNEL arbeitete ab 1816 auch über die Erscheinung der Polarisation des Lichtes, wobei er sich insbesondere für den Zusammenhang der Polarisation mit der Interferenz interessierte. Zusammen mit ARAGO konnte er 1819 nachweisen, daß senkrecht zueinander polarisierte Lichtbündel miteinander keine Interferenz zeigen. Damit ist die 1817 von YOUNG in einem Brief an ARAGO geäußerte Vermutung, daß das Licht nicht longitudinale, sondern transversale Schwingungen ausführt, bestätigt worden.

Die Annahme der Transversalität der Lichtschwingungen hatte die Konsequenz, daß man sich den Lichtäther als vermeintlichen mechanischen Träger des Lichtes nicht mehr als Flüssigkeit, sondern wie einen elastischen festen Körper vorstellen mußte. In diesem Zusammenhang wurde FRESNEL vorgeworfen, daß er seiner Beugungstheorie keine mechanische Wellentheorie vorangestellt hat. [3; S. 116] Dennoch hat ihn die Vorstellung von den transversalen Lichtschwingungen befähigt, alle bekannten Erscheinungen bei polarisiertem Licht zu erklären. Im Jahre 1823 untersuchte er die Abhängigkeiten für die Intensität des an der Grenze zweier Medien reflektierten und des gebrochenen Lichts, die unter der Bezeichnung FRESNELsche Formeln in die Physik eingegangen sind.

Als weitere wichtige Leistung FRESNELS ist die im Jahre 1818 geäußerte Hypothese zur Ausbreitung des Lichts in bewegten Medien zu nennen. (Fresnelscher Mitführungskoeffizient), die FIZEAU im Jahre 1851 durch sein berühmtes Experiment der Lichtausbreitung in strömendem Wasser bestätigen konnte. [1; S. 284 bis 292]

Eine für die damalige Zeit bedeutende Überführung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die Praxis war die 1822 von FRESNEL vorgenommene Konstruktion der nach ihm benannten Zonenlinse. Er griff dabei auf Erkenntnisse von BUFFON und CONDORCET zurück und entwickelte genaue und ökonomisch vertretbare Bauverfahren.



Leuchtturmoptik mit Fresnel-Linsen
aus dem Jahre 1873

FRESNEL hat zuerst den Gedanken geäußert, Zonenlinsen auf Leuchttürmen einzusetzen, wozu er durch seine Tätigkeit als Sekretär der Kommission für die Leuchttürme angeregt worden war. 1823 ist der neue Leuchtturm von Cordouan an der Mündung der Gironde nach FRESNELS Vorschriften eingerichtet worden. Im selben Jahr erfuhr seine gesamte wissenschaftliche Tätigkeit durch die Wahl zum Mitglied der Französischen Akademie der Wissenschaften eine bedeutende Würdigung.[2]

FRESNEL lebte neben seiner Tätigkeit als Ingenieur sehr zurückgezogen. Obwohl er bescheiden und sparsam war, benötigte er zur Anschaffung der physikalischen Instrumente für seine privaten Studien relativ viel Geld. Deshalb nahm er zusätzlich noch die Stelle eines Examinators am Polytechnikum an. Diese Arbeit bereite ihm viel Freude, untergrub aber seine ohnehin nicht sehr kräftige Konstitution.

1824 erlitt er einen ersten Blutsturz. Da man sich vom Aufenthalt auf dem Lande eine gewisse Linderung seines Leidens versprach, ging FRESNEL im Juni 1827 nach Ville-d'Avray bei Paris. Dort konnte ihm kurz vor seinem Tode sein Freund ARAGO noch die Rumford-Medaille der Royal Society überbringen, die ihn bereits 1825 zu ihrem Mitglied gewählt hatte. Am 14. Juli 1827 ist FRESNEL verstorben.[2]

Lebensdaten zu AUGUSTIN JEAN FRESNEL

1788	am 10. Mai in Broglie/Normandie geboren
1804	Eintritt in die École Polytechnique. Danach Besuch der Ecole des Ponts et Chaussées und Tätigkeit als Ingenieur im Straßen- und Brückenbau
1815	Zeitweilige Entlassung aus dem Staatsdienst. Erste grundlegende Arbeiten zur Optik

1818	Die „Abhandlung über die Beugung des Lichtes“ wird im Rahmen eines Wettbewerbes der Französischen Akademie eingereicht.
1819	Prämierung der Arbeit
1822	Veröffentlichung der Arbeit „Über das Licht“. Konstruktion der Zonenlinse
1823	Wahl zum Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften
1825	Mitglied der Royal Society
1827	am 14. Juli in Ville-d'Avray bei Paris verstorben

Literaturverzeichnis zu AUGUSTIN JEAN FRESNEL

- [1] Roditschew, W. I. und U. I. Frankfurt (Herausgeber): Die Schöpfer der physikalischen Optik. Eine Artikelsammlung. Akademie-Verlag, Berlin 1977.
- [2] Arago, F.: Gedächtnisrede über Fresnel, gelesen in der öffentlichen Sitzung der Akademie der Wissenschaften am 26. Juli 1830. In: Franz Arago's sämtliche Werke, Herausgeber: Prof. Dr. W. G. Hankel, Band 1. Verlag von Otto Wigand, Leipzig 1854, S. 85 bis 148.
- [3] Fresnel, A. J.: Abhandlungen über die Beugung des Lichtes (1815 bis 1818). Herausgeber: Dr. F. Ritter. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 215. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1926.
- [4] Laue, M. v.: Geschichte der Physik. Ullstein Taschenbücher-Verlag GmbH, Frankfurt/M. 1959.
- [5] Grabow, R.: Thomas Young. Aus Anlaß seines 200. Geburtstages. In: „Physik in der Schule“ Berlin 11 (1973) 12, S. 513 bis 522.
- [6] Schreier, W.: Physik und Industrielle Revolution. In: „NTM. Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin“, Leipzig 15 (1978) 2, S. 57 bis 64.
- [7] Arago, F.: Gedächtnisrede über Thomas Young, gelesen in der öffentlichen Sitzung der Akademie der Wissenschaften am 26. November 1832. In: Franz Arago's sämtliche Werke. Herausgeber: Prof. Dr. W. G. Hankel, Band 1. Verlag von Otto Wigand, Leipzig 1854, S. 191 bis 233.
- [8] Ramsauer, C.: Grundversuche der Physik in historischer Darstellung. Erster Band: Von den Fallgesetzen bis zu den elektrischen Wellen. Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1953.
- [9] Kant, H.: Ein Theoretiker und Praktiker der Optik. Zum 150. Todestag Augustin Jean Fresnels. In: „Physik in der Schule“, Berlin 15 (1977) 6, S. 241 bis 242, S. 255 bis 258.
- [10] Boegehold, H.: Die Lehre von der Beugung bis zu Fresnel und Fraunhofer. In: „Die Naturwissenschaften“ Berlin, 14 (1926) 23, S. 523 bis 533.

ERNST ABBE (1840 bis 1905)

Der Physiker ERNST ABBE gilt als Begründer der wissenschaftlich-optischen Industrie. Auf der Grundlage der von ihm entwickelten Theorie der Abbildung am Mikroskop gelang es ihm, die Konstruktionselemente des Mikroskops vorauszuberechnen und somit eine genaue technologische Grundlage für die Herstellung zu geben. Unter seiner Leitung erlangte die Jenaer optische Industrie Weltgeltung.



ERNST ABBE
als Göttinger Student
(um 1861)

Obwohl die Erfindung von Fernrohr und Mikroskop bis ins 16. Jahrhundert zurückreichen, wurde eine ausreichende wissenschaftliche Basis für ihre Konstruktion erst im Laufe des 19. Jahrhunderts geschaffen. Bis dahin mußten sich die optischen Instrumentenbauer auf Grundgesetze stützen und vor allem auf ihre handwerkliche Kunst und Erfahrung sowie den Erfolg des Probierens verlassen.

Ein Fortschritt auf diesem Gebiet ist einer ganz bewußten Verbindung von Wissenschaft und Produktion zum Zweck der Herstellung besserer Geräte zu danken. Den ersten entscheidenden Schritt dazu machte JOSEPH FRAUNHOFER in München, den zweiten – relativ unabhängig davon – CARL ZEISS in Jena.

Der Münchener Unternehmer UTZSCHNEIDER hatte sich den jungen, theoretisch interessierten Glasschleifer FRAUNHOFER 1806 in sein Mathematisch-Mechanisches Institut geholt, das er gemeinsam mit einem begabten Mechaniker betrieb. Der Bau astronomischer und geodätischer Instrumente war Hauptaufgabe dieses Instituts, und FRAUNHOFER hatte sich der Entwicklung leistungsfähiger Fernrohrobjektive zu widmen. Dabei erkannte er drei Probleme als wesentlich, die ABBE später als „Fraunhofersche Methode“ charakterisieren sollte [1; Bd. 2, S. 319ff.]:

- Entwicklung und Vervollkommnung der technischen Herstellungsmethoden,
- wissenschaftliche Erforschung der Zusammenhänge und Formulierung der grundlegenden theoretischen Erkenntnisse,
- Verbesserung der Ausgangsmaterialien, d. h. insbesondere ihrer Reinheit sowie einer gleichbleibenden, spezifischen Ansprüchen genügenden Glasqualität.

Unter Beachtung dieser Forderungen gelang es FRAUNHOFER insbesondere, verbesserte Fernrohrobjektive zu konstruieren, Prüfungsmethoden für chromatische Fehler zu entwickeln und die Kugelabweichung bei Linsen zu beheben. Dabei fand er die Beugung am Gitter, entwickelte eine Herstellungstechnologie für Beugungsgitter und beschrieb 1814 die nach ihm benannten Linien im Sonnenspektrum.



Diese hervorragende erfolgreiche Kombination praktischer Problemstellungen mit wissenschaftlichen Grundlagenforschungen wurde auf dem Gebiet der Optik nach FRAUNHOFERS frühem Tod erst mehr als 40 Jahre später durch ABBE in Zusammenarbeit mit ZEISS wieder erreicht. Was FRAUNHOFER für den Fernrohrbau geleistet hatte, vollbrachte nun ABBE für den Mikroskopbau.

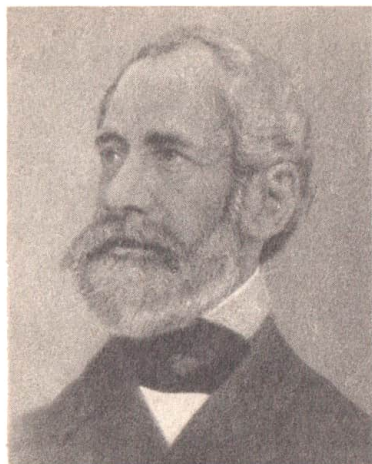
Am 23. Januar 1840 wurde ERNST ABBE in Eisenach als einziger Sohn eines Vorarbeiters in einer Eisenacher Kammgarnspinnerei geboren. Auch die Mutter entstammte einer armen Weberfamilie; nach der Geburt noch einer Tochter siechte sie an Lungentuberkulose dahin. ABBES gesundheitliche Konstitution war ebenfalls nicht die beste, er litt von frühester Kindheit an starken Kopfschmerzen.

Den Lehrern fiel der intelligente Junge bald auf. Größte Sparsamkeit der Eltern und ein Darlehen der Brotherren des Vaters – die sich durch diese „Großzügigkeit“ den benötigten Personalnachwuchs für die künftige Entwicklung ihres Unternehmens sichern wollten – ermöglichten ABBE den Besuch des Eisenacher Realgymnasiums, das er 1857 mit glänzenden Noten abschloß.

ABBES größter Wunsch war es zu studieren. Das wenige Geld, das die Eltern beisteuern konnten, und auch das durch Stundengeben dazuverdiente reichten kaum für den Lebensunterhalt, doch ABBE war sparsam bis zum äußersten und verzichtete manchen Tag auf eine Mahlzeit. In dem kleinen Universitätsstädtchen Jena hatte er sein naturwissenschaftliches Studium begonnen.

Da sich ABBE keine Experimentierapparate leisten konnte (entsprechende Universitätslabors gab es ja damals noch nicht), versuchte er, sich diese selbst herzustellen. Möglicherweise fand er dazu in der Werkstatt des Universitätsmechanikers CARL ZEISS Gelegenheit.

Ab 1859 setzte ABBE sein Studium in Göttingen fort. Vor allem von WILHELM WEBER erhielt er hier viele Anregungen. Hier legte er im März 1861 seine Promotionsprüfung ab. Nach dem Examen wurde ABBE zunächst Assistent an der Göttinger Sternwarte und dann Dozent am Physikalischen Verein zu Frankfurt. Weiterhin



CARL ZEISS
im 65. Lebensjahr

mußte er aber seine kargen Einnahmen durch Privatstunden aufzubessern suchen.

Im Mai 1863 habilitierte sich ABBE in Jena mit einer mathematischen Arbeit über Fehlerverteilungen bei Beobachtungsreihen. Das Geldgeschenk eines Frankfurter Gönners hatte es ihm ermöglicht, seine Habilitationsschrift in Ruhe auszuarbeiten. Im Sommer nahm er dann seine Tätigkeit als Privatdozent an der Jenaer Universität auf. Das hohe wissenschaftliche Niveau, das ABBE von Göttingen her gewohnt war, ließ sich bei den Jenaer Studenten nicht durchhalten; ABBE kam es darauf an, daß seine Studenten den Stoff auch wirklich verstanden. Bald zählten seine Vorlesungen zu den besten. Nach Göttinger Vorbild führte er nun auch praktische Übungen in Physik ein. Die dazu notwendigen Apparate stellte er sich mit großem Aufwand und Geschick teilweise selbst her oder ließ sie in der Werkstätte von CARL ZEISS anfertigen. 1870 wurde ABBE zum außerordentlichen Professor ernannt.

Im Hause seines Lehrers und Freundes SNELL lernte er dessen Tochter kennen, die er 1871 heiratete. 1872 und 1874 wurden ihnen zwei Töchter geboren.

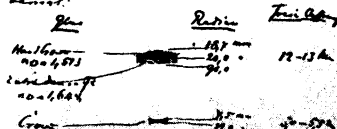
Inzwischen war ZEISS zu einem anerkannten Handwerksmeister im optischen Instrumentenbau geworden; die in seiner Werkstatt gebauten Mikroskope erfreuten sich hoher Wertschätzung. In den sechziger Jahren kamen von einigen anderen Werkstätten Mikroskope mit Immersionssystemen auf den Markt, deren Qualität die ZEISSschen Produkte jedoch nicht erreichte.

CARL ZEISS erkannte, daß das bisher übliche Probieren nicht weiterhalf, sondern daß wissenschaftliche Untersuchungen nötig waren. Es war ihm auch nicht unbekannt, daß FRAUNHOFER und PETZVAL Fernrohr und Fotoobjektiv durch mathematische Berechnung wesentlich verbessern konnten.

ABBE griff ZEISS' Anregung auf und befaßte sich seit 1866 mit dieser Aufgabe. Zunächst studierte ABBE gründlich den damaligen Stand im Mikroskopbau, regte effektivere Herstellungsmethoden für einzelne Teile an (u. a. führte er in die opti-

Herzogen 1879
Kleines Galileisches Fernrohr
A. J. A. A. A.
DE. E. A. A.
J. A. A. A.
(Folgende Skizze des Fernrohrs
des verstorbenen Herrn ABBES
des Fernrohrs befindet sich von
ca. 3 km.)

Kleine Abweichungen des Radius (von
der Brechungspunkt) werden nicht, der
gegen die optische Achse verfahren,
wegen der kleinen Krümmungen des Strahls.
- Die Strahlen des Lichts sind durch Refraktion
abgelenkt, aber die Krümmung ist
geringer, als die der Krümmung des
Strahls, der die optische Achse bildet, und
die Krümmung ist daher nicht, mit dem Strahl
verändert.

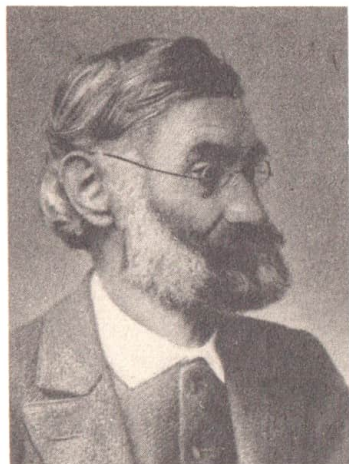


sche Werkstatt die Arbeitsteilung ein), und ordnete verschiedene Test- und Kontrollmethoden an (so entwickelte er ein Focimeter zur Brennweitenbestimmung von Linsen, 1869 ein Refraktometer zur Bestimmung der Brechungsindizes von Glasproben usw.). Dann untersuchte er den Strahlengang im Mikroskop. Um 1870 fand er den Sinussatz der optischen Abbildung (1873 veröffentlicht), 1869 die Bedeutung der Blendenwirkung für die Bildschärfe und -brillanz (die sog. Ein- und Austrittspupille), 1870 definierte er den Begriff der numerischen Apertur. Auf dieser Grundlage konnte er 1871 die theoretischen Grundlagen der mikroskopischen Abbildung ausarbeiten; aus der Beugungstheorie fand er schließlich auch die Formel zur Berechnung der maximalen Auflösung eines Mikroskops.

Natürlich verlief ABBES Arbeit nicht problemlos. So lieferten beispielsweise die ersten Mikroskope, die auf Grund ABBEScher Berechnungen der Linsensysteme gebaut wurden, wesentlich schlechtere, vor allem „stumpfere“ Bilder der Objekte, als bisherige Systeme. Bis er erkannte, daß das Beugungsgeschehen im Strahlengang von wesentlicher Bedeutung ist, waren vielfältige theoretische und experimentelle Bemühungen erforderlich. Den umfangreichen Berechnungsaufwand kann man kaum ermessen.

Der Erfolg lohnte jedoch die Mühe, und die nach 1871 in den ZEISSschen Werkstätten hergestellten Mikroskope übertrafen bald die Qualität der Konkurrenten. 1875 nahm ZEISS den Universitätsprofessor ABBE als Teilhaber in seine Werkstatt auf, um sich auch die weitere Mitarbeit zu sichern und zu verhindern, daß ABBE seine wissenschaftlichen Ergebnisse, die über Grundlagenforschungen hinausgingen, veröffentlichte.

Frühzeitig hatte ABBE auch erkannt, daß Voraussetzung für eine gute Optik geeignete, in der Qualität gleichbleibende Glasschmelzen sind, jedoch fand er erst 1879 in dem jungen westfälischen Glaschemiker SCHOTT einen geeigneten, für die Problematik aufgeschlossenen Partner. 1884 begründeten ABBE, SCHOTT und CARL ZEISS sowie dessen Sohn Roderich das „Glastechnische Laboratorium Schott &



ERNST ABBE
etwa im 53. Lebensjahr

Gen.“. Mit Hilfe der bei SCHOTT hergestellten neuen Glassorten konnte ABBE neue Objektive konstruieren – am bekanntesten wurde der Apochromat (1886), ein 10linsiges apochromatisches Immersionsobjektiv, das die störenden Farbränder bei der Abbildung weitgehend ausschalten konnte.

Die wissenschaftliche Leistung ABBEs auf optischem Gebiet wurde nach manch anfänglicher Zurückhaltung und Kritik bald international anerkannt, überzeugend demonstriert nicht zuletzt durch die Leistungsfähigkeit der Jenaer Mikroskope. Einen Ruf an die Berliner Universität durch HELMHOLTZ mußte er 1878 jedoch ebenso ablehnen wie das Ordinariat am neu zu gründenden Jenaer Physikalischen Institut, denn seine Aufgaben und Pflichten als Industriewissenschaftler und Unternehmer ließen mehr akademische Tätigkeit als die einer Honorarprofessur (seit 1878) an der Jenaer Universität sowie eines Direktors der Jenaer Sternwarte (seit 1877) nicht zu.

In sehr engem wissenschaftlichem Kontakt stand er mit der Londoner Royal Microscopical Society, deren Ehrenmitglied er war. Dort machte er viele seiner theoretischen und praktischen Arbeiten eher bekannt als in Deutschland, und von dort erhielt er auch viele Informationen über Entwicklungen der Konkurrenz. – 1896 wählte ihn die Berliner Akademie der Wissenschaften zu ihrem korrespondierenden Mitglied; sehr aktiv ist er hier aber offenbar nicht geworden (vgl. [4]).

Nach dem Tode von CARL ZEISS wurde das inzwischen zu einer großen optischen Fabrik avancierte ZEISS-Werk auf Betreiben ABBEs in eine Stiftung umgewandelt. Dieser Schritt wird in der bürgerlichen Literatur im allgemeinen als Beweis für die soziale Einstellung des Arbeitersohnes ABBE gewertet, der Klassenharmonie und Sozialpartnerschaft angestrebt habe. In der Tat mag der atheistisch-freisinnig eingestellte ABBE in manchen seiner politischen Vorstellungen den Sozialdemokraten näher gestanden haben als den Nationalliberalen und anderen rechten Kräften, seine sozialreformerischen Maßnahmen waren aber allein vom Ziel des Unternehmens diktiert, den Profit zu sichern und zu erhöhen. Scheinbare Zugeständnisse an



ABBES 1886
bezogenes
Haus
in der Nähe
der
Werkstätten

die Arbeiter seines Werks hatten vorrangig den Zweck, eine kontinuierliche Produktion zu sichern und Arbeitskämpfen aus dem Wege zu gehen. Als Parteigänger des Jenaer Freisinnigen Vereins bekämpfte er zum Beispiel durchaus Kriegstreiberei und Aufrüstung, verschloß sich aber als Unternehmer nicht den profitablen Möglichkeiten von Rüstungsaufträgen und entwickelte selbst entsprechende Geräte (z. B. 1893 ein Scherenfernrohr).

Es ist wichtig, diese sozialpolitisch komplizierten Haltungen und Handlungen ABBES richtig zu werten und aus seiner Zeit, in der er Unternehmer war und die durch den Übergang zum Monopolkapitalismus gekennzeichnet ist, zu verstehen. Seiner Leistung als Wissenschaftler und Erfinder und seiner grundsätzlich bürgerlich-humanistischen Einstellung tut dies jedoch keinen Abbruch.

Lebensdaten zu ERNST ABBE

1840	am 23. Januar in Eisenach geboren
1846	ZEISS gründet die optische Werkstätte in Jena
1850 bis 1857	Realschule in Eisenach
1857 bis 1861	Studium in Jena und Göttingen
1861	Promotion
1861 bis 1862	Assistent der Göttinger Sternwarte. Dozent im Physikalischen Verein zu Frankfurt
1863	Habilitation in Jena. Privatdozent
1866	Beginn der Zusammenarbeit mit ZEISS
1868	Begründung der Strahlenoptik und damit vollständige theoretische Vorausberechnung aller Konstruktionselemente des Mikroskops
1871	Beugungstheorie der mikroskopischen Abbildung
1873	Veröffentlichung der „Grundzüge einer Theorie der mikroskopischen Abbildung“
1875	Teilhaberschaftsvertrag mit ZEISS

1877	Direktor der Jenaer Sternwarte
1878	Honorarprofessor an der Universität Jena
1879	Beginn der Zusammenarbeit mit SCHOTT
1883	Stereoskopisches Okular
1888	Beginn der Erweiterungen der Zeiss-Werke
1889	Gründung der Carl-Zeiss-Stiftung durch ABBE
1889	Anregung zu neuem fotografischem Objektiv
1891	Erweiterung der Carl-Zeiss-Stiftung durch ABBE
1893	Berechnung des Scherenfernrohrs
1905	14. Januar in Jena gestorben

Literaturverzeichnis zu ERNST ABBE

- [1] Abbe, E.: Gesammelte Abhandlungen. Bd. 1 bis 3, Fischer-Verlag, Jena 1904 bis 1906.
Bd. 1: Abhandlungen über die Theorie des Mikroskops.
Bd. 2: Wissenschaftliche Abhandlungen aus verschiedenen Gebieten. Patentschriften, Gedächtnisreden.
Bd. 3: Vorträge, Reden und Schriften sozialpolitischen und verwandten Inhalts.
- [2] Auerbach, F.: Ernst Abbe – Sein Leben, sein Wirken, seine Persönlichkeit. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1918 (2. Aufl. 1922).
- [3] Esche, P. G.: Ernst Abbe. Reihe: Biographien hervorragender Physiker. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1963.
- [4] Gause, H. und Görlich, P.: Beiträge zu Abbes Tätigkeit in gelehrten Gesellschaften und seine Korrespondenz mit Gelehrten seiner Zeit. In: Jenaer Jahrbuch 1966. Hrsg. v. P. Görlich, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1966, S. 19 bis 37.
- [5] Günther, N.: Ernst Abbe – Der Schöpfer der Zeiss-Stiftung. Reihe: Große Naturforscher. Bd. 2. Hrsg. v. H. W. Frickhinger, Wiss. Verlagsanstalt, Stuttgart 1946.
- [6] Rohr, M. v.: Ernst Abbe. Verlag von Gustav Fischer, Jena 1940.
- [7] Röttsch, M.: Ernst Abbe. 1840–1905. In: Von Adam Ries bis Max Planck. Hrsg. v. G. Harig, Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1961, S. 101 bis 106.
- [8] Sonntag, H.: Ernst Abbes Rolle als Kapitalist und seine ökonomischen Anschauungen. Wiss. Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Gew.-Spr.-Reihe, 9 (1959/60) 1/2, S. 99 bis 108.
- [9] Stier, F.: Ernst Abbes akademische Tätigkeit an der Universität Jena. Jenaer Reden und Schriften, Heft 3, Universität Jena 1955.
- [10] Wattenberg, D.: Ernst Abbe als Astronom. Jenaer Rundschau, 16 (1971) 6, S. 329 bis 332.
- [11] Lommel, E.: Joseph von Fraunhofers gesammelte Schriften. Verlag der Königlichen Akademie, München 1888.
- [12] Riedel, G.: Joseph von Fraunhofer. In: „Physik in der Schule“ (Berlin) 14 (1976) 5, S. 187 bis 193.
- [13] Rohr, M. v.: Joseph Fraunhofers Leben, Leistungen und Wirksamkeit. Reihe: Große Männer. Bd. 10. Hrsg. von W. Ostwald, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1929.
- [14] Roth, G. D.: Joseph von Fraunhofer. Handwerker – Forscher – Akademiemitglied. Reihe: Große Naturforscher. Bd. 39. Hrsg. v. H. Degen, Wissenschaftliche Verlagsanstalt (m. b. H.), Stuttgart 1976.
- [15] Zenneck, J.: Joseph von Fraunhofer. Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 1926, VDI-Verlag, Berlin 1926.



GEORG SIMON OHM (1789 bis 1854)

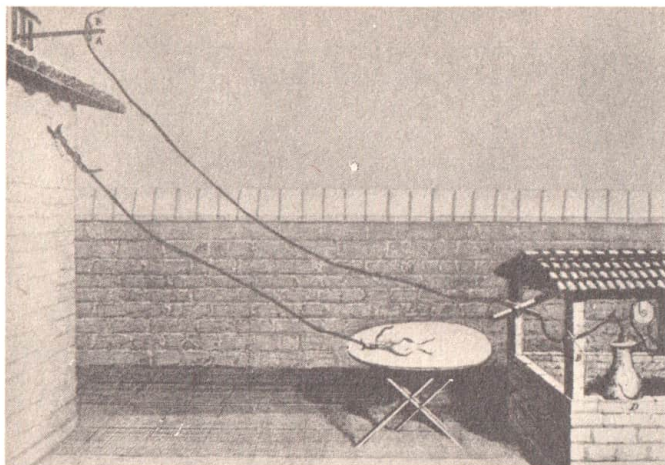
OHMS Entdeckung des nach ihm benannten Strukturgesetzes der Elektrizität brachte Ordnung in eine Vielzahl bis dahin bekannter elektrischer Erscheinungen, ermöglichte ihre mathematische Beschreibung und schuf eine wichtige Voraussetzung für die technische Anwendung der Elektrizität.

GEORG SIMON OHM wurde am 16. März 1789 in Erlangen geboren. Sein Vater, ein Schlossermeister, entstammte einer alten Handwerkerfamilie; die Mutter kam aus einer Schneiderfamilie. Die ärmlichen Lebensverhältnisse gestatteten es nur selten, noch einen Gesellen einzustellen. Seine wenigen Mußestunden widmete Meister OHM jedoch mathematischen und philosophischen Studien und scheute sich nicht, sein letztes Geld für wissenschaftliche Bücher auszugeben.

Der Vater war für Georg Simon und seinen jüngeren Bruder Martin, der ab 1821 als Dozent, später als Professor der Mathematik in Berlin wirkte, der erste Lehrer in Mathematik, Physik und Philosophie. Das Zeugnis eines Erlanger Universitätsprofessors von 1804 bestätigte dem Meister OHM den hohen Bildungserfolg an seinen Söhnen.

1805 nahm GEORG SIMON OHM das Studium der Mathematik, Physik und Philosophie an der Erlanger Universität auf. Wegen finanzieller Schwierigkeiten mußte er es jedoch nach einem Jahr abbrechen. Er ging nun als Mathematiklehrer an eine Privatschule in der Schweiz. 1811 kehrte er nach Erlangen zurück und promovierte an der dortigen Universität. Gemeinsam mit seinem Bruder wirkte er für drei Semester als Privatdozent für Mathematik.

Die Einnahmen waren jedoch so gering, daß er sich entschloß, ab 1813 eine Lehrerstelle an der Realschule in Bamberg anzunehmen. In dieser Zeit entstand ein Lehrbuch der Geometrie; da es in der Darstellung stark pädagogische Gesichtspunkte berücksichtigte, was durchaus noch unüblich war, stieß es jedoch weitgehend auf Unverständnis. 1817 fand er eine neue Stelle als Oberlehrer für Mathema-



Mit dieser Anordnung untersuchte GALVANI den Einfluß der atmosphärischen Elektrizität auf die Zuckungen des Froschschenkels

tik und Physik am Gymnasium des damals preußischen Köln. Dort befand sich eine für damalige Verhältnisse sehr gute physikalische Sammlung. Das trug mit dazu bei, daß sich OHMS Interesse – seiner Neigung entsprechend – nun stärker der Physik zuwandte.

OHM galt als ausgezeichnete Lehrer und war bei seinen Schülern sehr beliebt. Viele seiner ehemaligen Schüler wurden später selbst gute Mathematik- und Physiklehrer, darunter auch der später berühmte Mathematiker DIRICHLET.

Die Forschung zog ihn nun immer stärker in ihren Bann. In einem Brief schrieb er 1821 dem Vater: „Die vor kurzem entdeckten elektrisch-magnetischen Erscheinungen nehmen meine Zeit in Anspruch; ich habe sie zwar schon alle durchgearbeitet, einzelne jedoch möchte ich noch mehr verfolgen.“ [2; S. 110] Die Erscheinungen der galvanischen Kette hatten sein Interesse geweckt; grundlegendes Ergebnis der OHMSchen Arbeit war die Vorstellung des Stromflusses als Folge einer Spannung und die begriffliche Fassung der entsprechenden physikalischen Größen.

Auf welche Vorarbeiten konnte OHM aufbauen? Im Jahr 1789 hatte der italienische Arzt LUIGI GALVANI (1737 bis 1798), Professor an der Universität Bologna, beobachtet, daß präparierte Froschschenkel zu zucken begannen, wenn man sie mit einem Skalpell berührte und von einer in der Nähe befindlichen Elektrisiermaschine Funken übersprangen. Analoges beobachtete er, als er die Froschschenkel auf einen Kupferdraht zog und an ein Eisengitter hängte. GALVANI erkannte, daß es sich um eine elektrische Erscheinung handelte, postulierte aber nicht die gleiche Ursache wie bei der Elektrisiermaschine, sondern eine „tierische Elektrizität“.

GALVANIS Experimente wurden von seinem Landsmann ALESSANDRO VOLTA (1745 bis 1827), der von 1780 bis 1804 als Physikprofessor an der Universität zu Pavia wirkte, wiederholt. Im Widerspruch zu der von GALVANI vertretenen Auffassung fand er u. a. heraus, daß die Verwendung von zwei unterschiedlichen Metallen bei



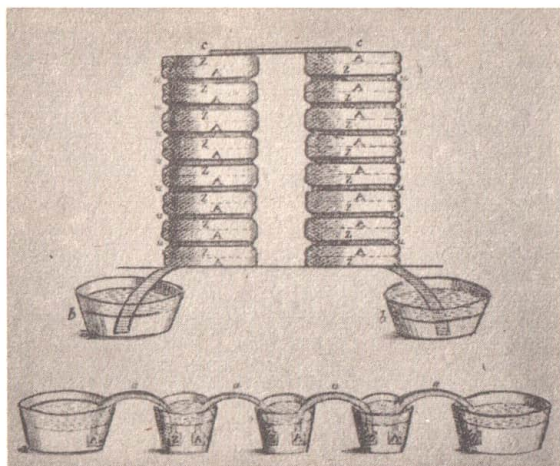
den genannten Versuchen eine wesentliche Voraussetzung war. Auf Grund dieser Erkenntnis bestimmte er die Spannungsreihe der Metalle und konstruierte im Jahre 1800 die nach ihm benannte Säule als „Hintereinanderschaltung“ einer Vielzahl galvanischer Elemente. Damit hatte er die chemische Stromquelle entwickelt.

Vor allem zwei Forscher griffen diese Erkenntnisse sofort auf: RITTER in Jena und DAVY in London. Während DAVY und andere in den folgenden Jahren praktisch die Elektrochemie begründeten, fand RITTER um 1804 einen gewissen Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Gesamtleitwert (in heutigen Begriffen) – eine Art Vorform des Ohmschen Gesetzes.

Schließlich fand OERSTED 1820 den lange gesuchten Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus (→ Oersted). Diese Entdeckung regte neben anderen Forschern auch OHM an. Allerdings interessierten ihn nicht so sehr die durch den elektrischen Strom erzeugten Effekte, mit denen sich die meisten anderen Physiker in jener Zeit befaßten, sondern die Gesetze des Stromkreises (der sog. „galvanischen Kette“) selbst.

Nachdem OHM eine Vielzahl von Experimenten durchgeführt hatte, die ihn um 1825 zur Vermutung eines entsprechenden Gesetzes über den quantitativen Zusammenhang zwischen verschiedenen elektrischen Größen einer galvanischen Kette führten, konnte er 1826 in SCHWEIGGERS Journal für Chemie und Physik (Band 46, S. 137ff.) seine entscheidende Arbeit veröffentlichen: „Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektricität leiten, nebst einem Entwurfe zu einer Theorie des Voltaschen Apparates und des Schweiggerschen Multipliers“. Diese Arbeit enthält das aus seinen Meßreihen abgeleitete Gesetz, das wir heute mit seinem Namen belegen.

Nachdem OHM seine experimentellen Untersuchungen abgeschlossen hatte, beabsichtigte er, die beobachteten Erscheinungen durch eine mathematische Theorie zu beschreiben. In dieser Absicht machte sich positiv bemerkbar, daß er die Arbeit



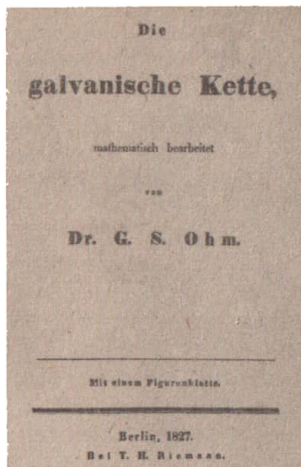
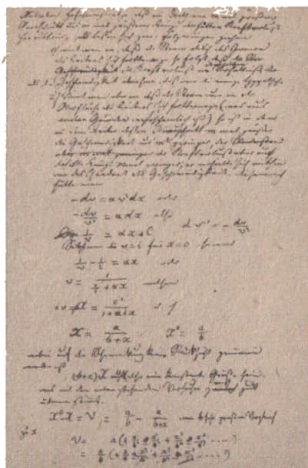
VOLTAS Säule (oben)
und
Tassenkrone (unten)

ten der Franzosen FOURIER und POISSON aufmerksam studiert hatte, denn bei den deutschen Wissenschaftlern war damals eine mathematische Behandlung physikalischer Probleme nicht sehr verbreitet. Um diese Aufgabe in Angriff nehmen zu können, benötigte OHM allerdings umfangreichere literarische Hilfsmittel, als sie ihm die Bibliothek des Gymnasiums bieten konnte. Er wollte deshalb nach Berlin gehen, wo auch sein Bruder tätig war, und erhoffte sich weitere Anregungen aus der Berliner Gelehrtenwelt. Ein beim preußischen Unterrichtsministerium beantragter einjähriger Urlaub wurde gewährt, und OHM zog nach Berlin.

Im Mai 1827 erschien sein Buch „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet von Dr. G. S. Ohm“. Die Aufnahme war sehr geteilt. Während POGGENDORFF in Berlin und FECHNER in Leipzig den Wert dieser Abhandlung sogleich erkannten, verstand die Mehrheit der Physiker OHMS Anliegen nicht. Man kritisierte, daß OHM mit seiner Abhandlung das Zustandekommen des elektrischen Stromes doch auch nicht erklären könne – daß dies gar nicht OHMS Absicht war, erkannten sie ebenso wenig wie die Bedeutung einer mathematischen Beschreibung. Außerdem wurde auf Grund des Buchtitels vermutet, OHM hätte seine Ergebnisse auf spekulativem Wege gefunden; die vorher in SCHWEIGGERS Journal veröffentlichten experimentellen Ergebnisse wurden nicht beachtet.

Da ihm von Deutschlands Naturforschern die Anerkennung versagt blieb, zerlag sich auch OHMS Hoffnung auf eine akademische Lehrstelle, die ihm weitere Forschungsmöglichkeiten eingeräumt hätte. Nachdem er sechs Jahre unter großen finanziellen Schwierigkeiten in Berlin gelebt hatte – der Not gehorchend, wirkte er hier eine Zeitlang als Mathematiklehrer an der Allgemeinen Kriegsschule –, entschloß er sich, in den Lehrerberuf zurückzukehren, und nahm 1833 eine Stelle als Professor für Physik an der polytechnischen Schule in Nürnberg an.

Der Aufbau der kapitalistischen Industrie wirkte sich auf die Entwicklung der Stadt Nürnberg in dieser Zeit recht positiv aus und das Polytechnikum profitierte davon. Die Lehrerschaft lieferte viele Beiträge, die den Technisierungsprozeß des



Seite aus OHMS
Versuchsprotokoll, auf der er
das „Ohmsche Gesetz“
am 11. Januar 1826
zum erstenmal
niederschrieb

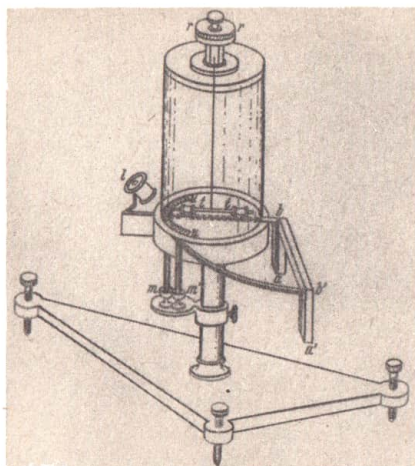
Titelseite von OHMS
Abhandlung zur
galvanischen Kette

Nürnbergers Gewerbes beschleunigen halfen; auch OHM beteiligte sich daran, z. B. mit Gutachten zum Projekt eines Luftschiffes. Von 1839 bis 1849 war OHM Rektor dieser Lehranstalt.

Im Jahre 1837 veröffentlichte der Franzose POUILLET zwei Arbeiten, in denen er – vermutlich ohne Kenntnis der OHMSchen Schriften – die Gesetze des elektrischen Stromes herleitete. Nun wurde die wissenschaftliche Welt auf OHMS Priorität aufmerksam, und langsam setzte die Anerkennung seiner Arbeit ein. Auf Betreiben POGGENDORFFS und ERMANS wurde er noch 1839 zum korrespondierenden Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften gewählt, und 1841 verlieh ihm die Royal Society ihre bedeutendste wissenschaftliche Auszeichnung, die Copley-Medaille. Weitere in- und ausländische Ehrungen folgten.

Das gab OHM Auftrieb, sich wieder der wissenschaftlichen Arbeit zuzuwenden. Zunächst wollte er weitere Experimente durchführen, um die Richtigkeit seiner Arbeit noch besser zu untermauern. Doch dann wandte er sich der Akustik zu. Er griff die Lochsirenenversuche verschiedener Forscher auf und klärte mittels der Fourier-Analyse das Problem der Klangfarben (1843). Der Mut, dieses Problem zu bearbeiten, an dem sich schon viele Forscher versucht hatten, ist um so erstaunlicher, da OHM völlig unmusikalisch war. Er mußte daher bei der experimentellen Überprüfung seiner theoretischen Resultate einen Freund hinzuziehen. Aber auch dieser Theorie der Unterscheidung von Grund- und Oberschwingungen, die für den Musikinstrumentenbau und die gesamte Elektroakustik von größter Bedeutung werden sollte, blieb Anerkennung versagt, bis HELMHOLTZ im Jahre 1862 eine weitere Bestätigung gelang; letzterer nannte diese Erklärung von Ton und Klang das „Ohmsche Gesetz der Akustik“.

Endlich – im Jahre 1849 – erfolgte die Berufung auf einen Lehrstuhl; OHM wurde an die Universität München berufen und zugleich Konservator der mathematisch-physikalischen Sammlung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften sowie Referent der Telegrafverwaltung. Die erhoffte Zeit für Forschung blieb je-



OHMS Versuchsanordnung
mit thermoelektrischem Element
als Spannungsquelle (ab; a'b'),
Torsionsgalvanometer (rt)
als Stromstärkemesser
und veränderbaren
Widerstandsanschlüssen
in Quecksilbergefäßen (m; m')

doch weiterhin sehr knapp bemessen. Trotzdem befaßte er sich noch mit optischen Problemen (insbesondere Interferenzerscheinungen in Kristallplatten) und schrieb ein Lehrbuch zu seinen Physikvorlesungen (erschieden Nürnberg 1854).

Von einem auf vier Bände geplanten Werk über die Gesamtzusammenhänge der Naturerscheinungen mit dem sehr modern wirkenden Titel „Beiträge zur Molekularphysik“ konnte Ohm nur den ersten Band, eine Art „mathematische Grundlagen“ fertigstellen. Am 6. Juli starb OHM in München an einem Schlaganfall.

OHM war nie verheiratet, obwohl er einen ausgeprägten Familiensinn hatte. Ständige finanzielle Probleme und die Mühen des Kampfes um Anerkennung seiner Forschungsergebnisse zwangen ihn jedoch, seine persönlichen Bedürfnisse auf ein Mindestmaß zu beschränken. Gern weilte er in den Familien seines Bruders und seiner Schwester, und 1842 nahm er seinen Neffen zwecks Ausbildung bei sich auf. Dieser wurde sein Nachfolger in Nürnberg.

Im Jahre 1893 wurde auf Beschluß des internationalen elektrischen Kongresses in Chicago ihm zu Ehren die Einheit des elektrischen Widerstandes mit „Ohm“ benannt.

Lebensdaten zu GEORG SIMON OHM

1789	am 16. März als Sohn eines Schlossermeisters in Erlangen geboren
1805	Beginn eines naturwissenschaftlichen Studiums in Erlangen
1806	Lehrer in der Schweiz
1811	Promotion in Erlangen
1813	Lehrer in Bamberg
1817	Gymnasiallehrer in Köln; erste Forschungen zur Elektrizität
1826	Aufenthalt in Berlin, Ableitung des Ohmschen Gesetzes
1833	Professor für Physik (später Rektor) an der Polytechnischen Schule in Nürnberg

1840	Forschungsarbeiten zu Licht und Schall
1849	Professor für Mathematik und Physik an der Universität München
1854	am 6. Juli in München gestorben

Literaturverzeichnis zu GEORG SIMON OHM

- [1] Deuerlein, E. G.: Georg Simon Ohm – Leben und Wirken des großen Physikers. Verlag Palm & Enke, Erlangen 1954.
- [2] Füchtbauer, H. v.: Georg Simon Ohm – Ein Forscher wächst aus seiner Väter Art. VDI-Verlag, Berlin 1939.
- [3] Heller, A.: Geschichte der Physik von Aristoteles bis auf die neueste Zeit. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart 1882 (insb. Bd. 2, S. 496 bis 514 und 619 bis 625).
- [4] Kant, H.: Zum 150. Todestag von Alessandro Volta. In: „Physik in der Schule“ 15 (1977) 3, S. 89 bis 93.
- [5] Kant, H.: Georg Simon Ohm und das Gesetz über den elektrischen Widerstand (Aus der Geschichte der Elektrizitätslehre im 19. Jahrhundert – Teil 1). Physik in der Schule, 17 (1979) 11, S. 453 bis 459.
- [6] Ohm, G. S.: Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet. Verlag T. H. Riemann, Berlin 1827 (Neudruck bei Sändig, Wiesbaden 1965).
- [7] Ohm, G. S.: Gesammelte Abhandlungen. Hrsg. u. eingeleitet v. E. Lommel; Barth, Leipzig 1892.
- [8] Ohm, G. S. und Fechner, G. Th.: Das Grundgesetz des elektrischen Stromes. Drei Abhandlungen. Hrsg. v. O. Piel, Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 244, Leipzig 1938.
- [9] Schreier, W. u. H.: Von Galvani bis Nernst. In: „Physik in der Schule“ 12 (1974) 5, S. 193 bis 199.
- [10] Teichmann, J.: Zur Entdeckungsgeschichte des Ohmschen Gesetzes 1775–1826. etz-a, 98 (1977) 1, S. 96 bis 99.
- [11] Volta, A.: Untersuchungen über den Galvanismus. Hrsg. von A. J. von Oettingen. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 118, Leipzig 1900.

ANDRÉ-MARIE AMPÈRE (1775 bis 1836)

Der französische Nobelpreisträger DE BROGLIE kennzeichnete seinen Landsmann ANDRÉ-MARIE AMPÈRE als einen „... Geist von ungeheurer Weite, der gleichzeitig an allen Zweigen der Wissenschaft und Philosophie Anteil nimmt und dem es trotz der ungeheuren Verzettlung der Kräfte, die ihm sein unbezähmbarer Wissensdrang auferlegt, gelingt, auf weit auseinanderliegenden Gebieten grundlegende Werte zu schaffen ...“. [1; S. 245]

Diese Vielseitigkeit der Interessen ist schon in der Jugendzeit AMPÈRES erkennbar, der am 20. Januar 1775 als Sohn eines wohlhabenden Seidenhändlers in Lyon geboren wurde. Seine Kindheit verlebte er in einem kleinen Dorf in der Nähe Lyons, wo die Familie ein Landgut besaß.

AMPÈRE zeigte schon in jungen Jahren einen unbändigen Wissensdurst. Unter dem Einfluß und der Anleitung seines Vaters, der den Ideen der französischen Auf-



ANDRÉ-MARIE AMPÈRE

klärung aufgeschlossen gegenüberstand, beschäftigte er sich mit den verschiedensten Wissensgebieten (vgl. [2]). Vor allem interessierten ihn mathematische und naturwissenschaftliche Probleme. Im Alter von 13 Jahren begann AMPÈRE systematisch, Band für Band, die von DIDEROT und D'ALEMBERT herausgegebene „Enzyklopädie der Wissenschaften, Künste und des Handwerks“ durchzuarbeiten. Dieses umfassende Werk der französischen Aufklärung und des französischen Materialismus enthielt, auf der Basis einer kritischen Sichtung, nahezu das gesamte damalige Wissen. Noch Jahrzehnte später konnte AMPÈRE ganze Passagen der Enzyklopädie auswendig vortragen. [3] Nach dem Gesagten verwundert es nicht, daß AMPÈRE – obwohl er nie eine Schule besucht hat – über ein umfassendes und solides Wissen verfügte, das sich auf verschiedene Gebiete erstreckte.

Im Jahre 1793 geriet der heranwachsende Jüngling in eine tiefe Krise, als sein Vater, der als Anhänger der Girondisten – der Partei der mittleren Provinz- und Handelsbourgeoisie – an dem mißglückten Aufstand der Stadt Lyon gegen den Konvent teilgenommen hatte, hingerichtet wurde. AMPÈRE verschmerzte diesen Verlust nur schwer, und es dauerte fast ein Jahr, bis er sich wieder aus völliger Apathie und düsterer melancholischer Stimmung löste. Trotz dieser Ereignisse war er jedoch davon überzeugt, daß die Große Französische Revolution für den „Fortschritt der Welt“ einen wichtigen Schritt darstellte. [2; S. 106]

Da AMPÈRES Vermögen zusammengeschmolzen war, verdiente er sich in den folgenden Jahren den Lebensunterhalt durch Erteilen von Privatunterricht, vor allem in Mathematik. Anfang 1802 fand AMPÈRE, der inzwischen geheiratet hatte, eine feste Anstellung als Physiklehrer in Bourg. Erste wissenschaftliche Arbeiten – mathematische Abhandlungen zur Spieltheorie, einem Teilgebiet der Wahrscheinlichkeitsrechnung – machten ihn bei Pariser Wissenschaftlern bekannt. Auf deren Empfehlung erhielt er 1803 eine Stelle als Mathematiklehrer am Lyoner Gymnasium. Aber bereits kurze Zeit später traf ihn wiederum ein schwerer Schlag: der Tod seiner Frau. Erneute tiefe Depressionen waren die Folge.



HANS CHRISTIAN OERSTED

Das änderte sich erst mit seiner Übersiedlung nach Paris im Jahre 1805. Hier war AMPÈRE als Repetitor für Analysis und ab 1809 als Professor für Analysis an der École Polytechnique tätig. Seine Interessen galten auch in diesem Zeitraum vielen Gebieten. Sie reichten von der Philosophie, der Psychologie und der Metaphysik, hier durchaus noch als „Lehre vom Übersinnlichen“ zu verstehen, bis zu der damals noch in den Anfängen befindlichen Chemie. Besonders intensiv beschäftigte sich AMPÈRE mit den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Gase. Auf Grund einer Arbeit über die Integrale partieller Differentialgleichungen wurde er 1814 zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften gewählt und zählte damit auch nominell zu den bedeutendsten Wissenschaftlern Frankreichs.

Die Neigung AMPÈRES, öfters das Arbeitsgebiet zu wechseln, zeigte sich erneut zwischen 1815 und 1820. In dieser Periode standen philosophische und psychologische Studien im Vordergrund. Sie wurden abrupt abgebrochen, als AMPÈRE Mitte 1820 die Nachricht von der Entdeckung des Elektromagnetismus erhielt.

Gewisse Analogien zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen (Polarität, Anziehung und Abstoßung, Deutung durch elektrische und magnetische Fluida, Coulombsche Gesetze der Elektro- und Magnetostatik) hatten am Anfang des 19. Jahrhunderts den Gedanken nahegelegt, daß zwischen Elektrizität und Permanentmagnetismus enge Zusammenhänge bestehen könnten. Bestimmte dialektische Überlegungen der aufkommenden Naturanschauung des Dynamismus, wie die Einheit und Umwandlungsfähigkeit aller Naturkräfte sowie die damit verbundene spekulative Naturphilosophie SCHELLINGS, stützten diese Auffassung. Aber ein experimenteller Beweis konnte lange Zeit nicht erbracht werden. Erst im April 1820 gelang HANS CHRISTIAN OERSTED (1777 bis 1851) der entscheidende Durchbruch.

OERSTED, am 14. August 1777 in Rudkøbing auf der dänischen Insel Langeland als Sohn eines Apothekers geboren, hatte von 1794 bis 1799 an der Universität Ko-



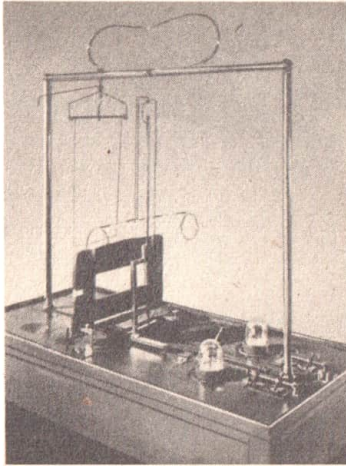
OERSTEDS
Instrumente
für seine
Experimente
zum Elektro-
magnetismus

penhagen vor allem Pharmazie und Physik studiert. Von 1806 bis zu seinem Tod am 9. März 1851 wirkte er als Professor für Physik an derselben Institution. Sein Interesse für die technische Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zeigte sich in seinen Initiativen zur Gründung der Polytechnischen Lehranstalt in Kopenhagen. Mehrere Reisen führten ihn durch verschiedene europäische Länder, wobei er bedeutende Naturwissenschaftler und Philosophen seiner Zeit kennenlernte. Vor allem durch den Kontakt mit dem deutschen Physiker RITTER, einem Anhänger des *Dynamismus*, wurde er zu seinen – zunächst erfolglosen – elektromagnetischen Untersuchungen angeregt, die sich über einen längeren Zeitraum erstreckten. Auf welche Weise OERSTED 1820 zu dem bekannten Versuch – Ablenkung einer Magnethadel durch einen stromdurchflossenen Leiter – gelangte, ist nicht ganz klar. Offensichtlich hatte er aber erkannt, daß „fließende Elektrizität“ notwendige Voraussetzung für das Auftreten magnetischer Erscheinungen ist. [4], [5]

Die Veröffentlichung der Oerstedschen Versuchsergebnisse stellte eine wissenschaftliche Sensation dar. AMPÈRE erfuhr von ihnen in einer Sitzung der Akademie der Wissenschaften zu Paris Anfang September 1820. Sie müssen auf ihn einen außerordentlichen Eindruck gemacht haben, denn schon in den folgenden Akademiesitzungen am 18. und 25. September 1820 legte er die Ergebnisse eigener Untersuchungen vor. Sie zeigen, daß er sich mit großer Intensität der neuen Problematik zugewandt hatte.

Diese Arbeiten wurden bis 1823 weitergeführt und weisen AMPÈRE als den herausragenden Experimentator und Theoretiker auf dem neu erschlossenen Gebiet der elektromagnetischen und elektrodynamischen Erscheinungen aus.

Zu den neu gewonnenen Erkenntnissen zählte die Präzisierung der Begriffe Stromstärke und Spannung und deren exakte Definition, die Deutung der Oerstedschen Experimente und der Elektrolyse als Wirkungen des elektrischen Stromes,



Apparat zur Demonstration
Ampèrescher Versuch
(Mechanikeraufstellung um 1830)

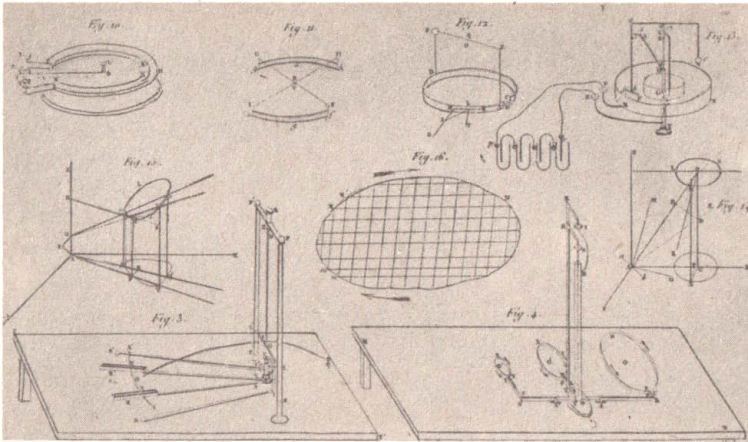
die Aufdeckung des Zusammenhanges zwischen Stromrichtung und Ablenkungsrichtung einer Magnetnadel, die Erfindung der Spule und des Multiplikators (Spule um eine Magnetnadel) mit astatischer Nadel (ein vom Erdmagnetfeld unabhängiges Galvanometer).

Von größter Bedeutung aber waren die Experimente, die AMPÈRE mit zwei stromdurchflossenen Leitern durchführte, und die sich daraus ergebenden Folgerungen. [6]

Daß es nicht nur zwischen einem Permanentmagneten und einem stromdurchflossenen Leiter zu einer Kraftwirkung kommt, sondern daß solche Wechselwirkungen auch zwischen *zwei* stromdurchflossenen Leitern auftreten *müßten*, folgte durchaus nicht unmittelbar aus den Oerstedtschen Versuchen; vielmehr lag bereits in dieser Vermutung eine bedeutende schöpferische Leistung AMPÈRES. Die wichtigsten Ergebnisse, die mit den als „Ampèresche Gestelle“ bezeichneten Apparaturen gefunden wurden, sind folgende:

- Ein beweglich angebrachter Leiter wird von einem feststehenden parallelen Leiter, je nach der Stromrichtung, angezogen oder abgestoßen. Derartige Wechselwirkungen treten auch zwischen zwei beweglichen stromdurchflossenen parallelen Leitern auf.
- Eine horizontal angebrachte, um die Querachse drehbare Spule, die von einem Strom durchflossen wird, verhält sich ähnlich einem stabförmigen Permanentmagneten, wenn auf die Spule ein Magnet einwirkt.
- Die vorgenannte Spule stellt sich bei Stromfluß, ähnlich einer Magnetnadel, in Nord-Süd-Richtung ein.

Die Deutung dieser Ergebnisse setzte neue Gedankengänge voraus, die parallel zu den Versuchen angestellt wurden. So postulierte AMPÈRE zur Erklärung der Nord-Süd-Einstellung einer stromdurchflossenen Spule elektrische Kreisströme um die Erde, die durch „natürliche Volta-Elemente“ hervorgerufen werden und die in ihrer Gesamtheit den Erdmagnetismus verursachen. Derartige Kreisströme, die



nach AMPÈRES Ansicht keines „Antriebs“ bedürfen und in sich geschlossen sind, sollten auch um kleinste Bereiche (molecule) magnetisierbarer Stoffe existieren. Beim Magnetisieren würden die Ebenen dieser *Molekularströme* parallel gestellt. Dadurch ergäbe sich ein Gesamtstrom, dessen magnetische Wirkung als Permanentmagnetismus in Erscheinung träte.

Damit war es – zumindest auf hypothetischer Basis – gelungen, die bis dahin getrennten Erscheinungen Magnetismus und Elektrizität zueinander qualitativ in Beziehung zu setzen, den Magnetismus auf die Wirkung elektrischer Ströme zurückzuführen und damit das Bild der physikalischen Erscheinungen zu vereinfachen.

Es würde sehr verwundern, wenn der hervorragende Mathematiker AMPÈRE nicht den Versuch unternommen hätte, seine experimentellen Ergebnisse und seine Überlegungen theoretisch zu untermauern und aus ihnen eine quantitative Formulierung der Gesetze des Elektromagnetismus bzw. der *Elektrodynamik* – wie er die Gesamtheit der mit elektrischen Strömen verknüpften Erscheinungen magnetischer Art nannte – zu erhalten. Die Gleichung für die elektrodynamischen Wirkungen sollte nach AMPÈRES Vorstellungen analog zu den Coulombschen Gleichungen der Elektro- und Magnetostatik aufgebaut sein, in ihrem Aufbau also auch dem Newtonschen Gravitationsgesetz entsprechen.

Das *Ampèresche Grundgesetz der Elektrodynamik*, dessen Herleitung und die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen sind auf den 213 Seiten der Hauptarbeit AMPÈRES über das neu erschlossene Gebiet enthalten, der „Abhandlung über die mathematische Theorie der elektrodynamischen Phänomene“. [7] (deutsche Auszüge in [8; S. 204 ff.])

Die elektrodynamischen Arbeiten machten AMPÈRES Namen in Physikerkreisen ganz Europas bekannt. Sie waren auch der Grund dafür, daß er im Jahre 1826 auf den Lehrstuhl für Physik am Collège de France berufen wurde.

Ab 1826 wandte sich AMPÈRE wiederum anderen Arbeitsgebieten zu, vor allem der Philosophie und Logik sowie kristall-optischen, botanischen und anatomischen

Problemen. Seine Hauptkraft widmete er jedoch dem Versuch einer allgemeinen Wissenschaftsklassifikation, die 64 Wissenschaftszweige umfaßte, vor denen einige von AMPÈRE neu vorgeschlagen wurden, wie die technische Kinematik, die als Grundlage eines wissenschaftlichen Maschinenbaus bald große Bedeutung erlangte, oder die Kybernetik, die sich allerdings erst einhundert Jahre später als neue Wissenschaftsdisziplin herausbildete. [2; S. 110]

Die letzten Lebensjahre brachten für AMPÈRE eine ständige Verschlechterung seines Gesundheitszustandes und zunehmende familiäre Sorgen, die zu einer tiefen Melancholie führten. Während einer Reise starb AMPÈRE am 11. Juni 1836 in Marseille.

AMPÈRES Charakterbild ist durch Extreme gekennzeichnet. So hebt man seine Aufrichtigkeit hervor, ein besonderes Zartgefühl, Liebenswürdigkeit, Hilfsbereitschaft und Beharrlichkeit in der wissenschaftlichen Arbeit, aber auch Unentschlossenheit, Furchtsamkeit und Hilflosigkeit gegenüber Schwierigkeiten im täglichen Leben. Neigung zu „metaphysischen“ Spekulationen und eine tiefe Religiosität waren ihm eigen. [1] [8]

Seine Zerstreuung war sprichwörtlich, so daß viele Anekdoten über ihn entstanden sind. So soll sich AMPÈRE einmal mit dem Tafellappen die Stirn abgewischt und dafür mit dem Schnupftuch die Wandtafel gesäubert haben. Eine andere Anekdote berichtet, daß er beim Gang zur Vorlesung einen auffälligen Stein am Wege fand, den er aufmerksam untersuchte. Als er auf die Uhr sah und feststellte, daß es höchste Zeit für die Vorlesung war, warf er die Uhr weg und steckte den Stein in die Westentasche.

AMPÈRE zählt zu den herausragenden Universalgelehrten am Beginn des 19. Jahrhunderts. Sein Hauptverdienst besteht unzweifelhaft darin, daß er die bis dahin relativ unabhängigen Gebiete Elektrizität und Magnetismus zusammenführte und damit die Basis für die weitere Entwicklung der Elektrodynamik legte.

Gegen die Ampèresche Grundgleichung wurden, ebenso wie schon gegen die Hypothese der Molekularströme, berechtigte Einwände vorgebracht. Bis zur Einführung des Feldbegriffs in die Physik stellte aber sein Grundgesetz eine brauchbare Grundlage für weitere Überlegungen dar.

Dazu gehören vor allem die Arbeiten von WILHELM WEBER (1804 bis 1891).

WEBER wurde am 24. Oktober 1804 als Sohn eines Theologieprofessors in Wittenberg geboren. Schon während seiner Studienzeit in Halle von 1822 bis 1826 veröffentlichte er zusammen mit seinem Bruder ERNST HEINRICH WEBER die „Wellenlehre auf Experimente gegründet“. Auch in der Folge galt sein Interesse zunächst der Akustik und anderen Wellenerscheinungen. Im Jahre 1828 wurde WEBER Professor in Halle und 1831 Ordinarius für Physik an der Universität Göttingen. Dort begann eine enge Zusammenarbeit mit GAUSS, mit dem ihn auch eine enge persönliche Freundschaft verband. Die gemeinsamen Arbeiten betrafen Untersuchungen des Erdmagnetismus. Sehr bekannt wurde der von WEBER und GAUSS 1833 errichtete erste elektrische Telegraf. [9; S. 18 ff.] Hervorzuheben sind auch WEBERS und



Die Göttinger Sieben
mit WILHELM WEBER (ganz rechts)

GAUSS' Arbeiten zum physikalischen Maßsystem (CGS-System). Da sich WEBER 1837 zusammen mit anderen Professoren („Göttinger Sieben“) gegen die Aufhebung der Verfassung durch den König von Hannover auflehnte, wurde er seines Amtes enthoben und übernahm 1842 eine Physikprofessur in Leipzig. Nach der Revolution von 1848 kehrte WEBER 1849 nach Göttingen zurück, wo er am 23. Juni 1891 verstarb.

Im Jahre 1846 erschien WEBERS Abhandlung „Elektrodynamische Maßbestimmung. Über ein allgemeines Grundgesetz der elektrischen Wirkung“, der weitere Arbeiten in gleicher Richtung folgten. Darin stellte er, ausgehend von der Ampèreschen Formel, ein neues erweitertes elektrisches Grundgesetz auf, das auch die Erscheinungen der Elektrostatik und der elektro-magnetischen Induktion mit umfaßte und das bis etwa 1880 als Grundlage der gesamten Elektrodynamik angesehen wurde. Die Kraftwirkungen der elektrischen Fluida wurden dabei jedoch als reine Fernwirkungen im Newtonschen Sinne aufgefaßt, die zu ihrer Ausbreitung keinerlei Zeit benötigen. Das war ein Hauptgrund dafür, daß die Weberschen Vorstellungen den Anforderungen ebenfalls nicht genügen konnten (↗ FARADAY/MAXWELL).

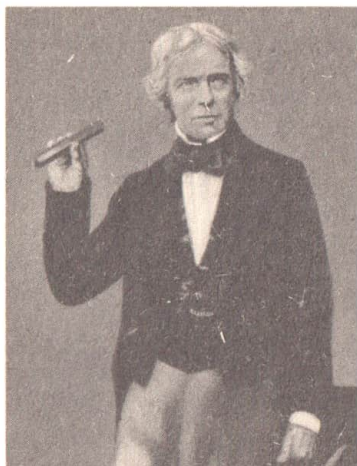
Lebensdaten zu ANDRÉ-MARIE AMPÈRE

1775	am 20. Januar, in Lyon geboren
1793	Tod des Vaters, AMPÈRE als Hauslehrer tätig (bis 1800)
1799	Heirat, Geburt eines Sohnes (1800)
1802	Physiklehrer in Bourg (Dep. Ain), erste wissenschaftliche Arbeiten
1803	Mathematiklehrer in Lyon, weitere mathematische Arbeiten. Tod seiner ersten Frau
1805	Repetitor für Analysis an der École Polytechnique in Paris
1806	Zweite Ehe scheitert nach kurzer Zeit. Arbeiten zur Mathematik, Philosophie, Psychologie

1809	Professor für Analysis an der École Polytechnique. Generalinspekteur der Universität. Beginn chemisch-theoretischer Arbeiten (1814 veröffentlicht)
1814	Wahl zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Paris
1820	21. Juli, OERSTED veröffentlicht seine Abhandlung über die magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes 11. September, AMPÈRE erhält davon Kenntnis, Beginn eigener Untersuchungen zum Elektromagnetismus 18. September, AMPÈRE führt der Akademie erstmalig neue elektromagnetische Versuche vor
1820 bis 1823	Hauptuntersuchungen AMPÈRES zur Elektrodynamik, zur Molekularstromhypothese, zu einem Grundgesetz der Elektrodynamik
1826	Berufung auf den Lehrstuhl für Physik am Collège de France
1826	„Abhandlung über die mathematische Theorie der elektrodynamischen Phänomene“ erscheint Erneuter Wechsel der Arbeitsgebiete
1830	Versuch einer allgemeinen Wissenschaftsklassifikation
1836	11. Juni, AMPÈRE stirbt in Marseille

Literaturverzeichnis zu ANDRÉ-MARIE AMPÈRE

- [1] Broglie, L. de: Die Elementarteilchen. H. Goverts Verlag, Hamburg 1944.
- [2] Schreier, W.: André-Marie Ampère – Begründer der Elektrodynamik. In: NTM-Schriftenreihe Gesch. Naturwiss. Techn. Med., Leipzig, 13 (1976) 2, S. 101.
- [3] Arago, F.: Oeuvres. Tome 2, Notices Biographiques. Paris 1854.
- [4] Estel, E.: Hans Christian Oerstedt – Aus Anlaß seines 200. Geburtstages. In: „Physik in der Schule“, Berlin, 15 (1977) 11, S. 461.
- [5] Kant, H.: Oerstedt und die Entdeckung des Elektromagnetismus. In: „Wissenschaft und Fortschritt“, Berlin 28 (1978) 7, S. 258.
- [6] Grabow, R.: André-Marie Ampère – der Begründer der Elektrodynamik. In: „Physik in der Schule“, Berlin 13 (1975) 1, S. 13.
- [7] Ampère, A.-M.: Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques ... Mémoires de l'Académie Royale des Sciences ..., Année 1823, Tome 6, Paris 1827.
- [8] Tricker, R. A. R.: Frühe Elektrodynamik. Wissenschaftliche Taschenbücher, Band 96, Akademie-Verlag, Berlin 1974.
- [9] Werner, K. und K. Werner: Wilhelm Weber. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner. Band 22, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1976.

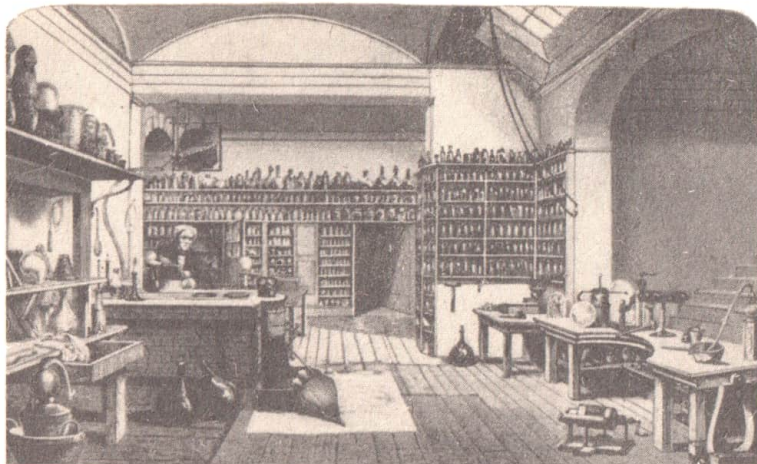


MICHAEL FARADAY (1791 bis 1867)

FARADAY war einer der bedeutendsten Forscher auf dem Gebiet der Elektrophysik. Mit seinen experimentellen Entdeckungen und durch seine Theorie der Kraftlinien schuf er die Grundlage für die Wandlung der Theorie der Elektrodynamik, die JAMES CLERK MAXWELL (1831 bis 1879) mit dem mathematischen Aufbau der elektromagnetischen Feldtheorie vollendete, an die Einstein bei der Schaffung der speziellen Relativitätstheorie anknüpfte. Zugleich bildeten FARADAYS Forschungen mit die physikalische Voraussetzung für die Herausbildung der Elektrotechnik.

FARADAY wurde am 22. September 1791 in Newington-Butts, einem südlichen Vorort Londons, als drittes Kind eines Grobschmieds und seiner Ehefrau, der Tochter eines Pächters, geboren. Gleich anderen Söhnen aus Arbeiter- und Handwerkerfamilien zu jener Zeit erhielt FARADAY eine Ausbildung, über die er selbst sagte: „Meine Erziehung war von der gewöhnlichsten Art und beschränkte sich fast nur auf Anfangsgründe des Lesens, Schreibens und Rechnens in einer Volksschule.“ [3; S. 134]

Mit dreizehn Jahren wurde er Laufbursche bei einem Buchhändler und Buchbinder, ein Jahr darauf begann er dort eine Buchbinderlehre, für die seine Eltern wegen der vielen Hilfsdienste ihres Sohnes für den Buchbinder kein Lehrgeld bezahlen mußten, eine Ausnahme in dieser Zeit. FARADAY las jedoch auch die Bücher, die er band. Ein Band „Gespräche über die Chemie“ und andere Bücher regten ihn zu chemischen und elektrischen Experimenten an. Er wurde von einem Hausbewohner im projektiven Zeichnen unterwiesen, trat mit besser Gebildeten, insbesondere einem Medizinstudenten, in einen wissenschaftlichen Briefwechsel, um seinen Ausdruck zu verbessern, besuchte Vorträge und hielt auch selbst solche in einer populärwissenschaftlichen Vereinigung von Bürgern und Arbeitern. Der mit der Aufklärung und in England durch die Industrielle Revolution aufgekommene Bildungsdrang der untersten Volksschichten hatte auch FARADAY erfaßt.



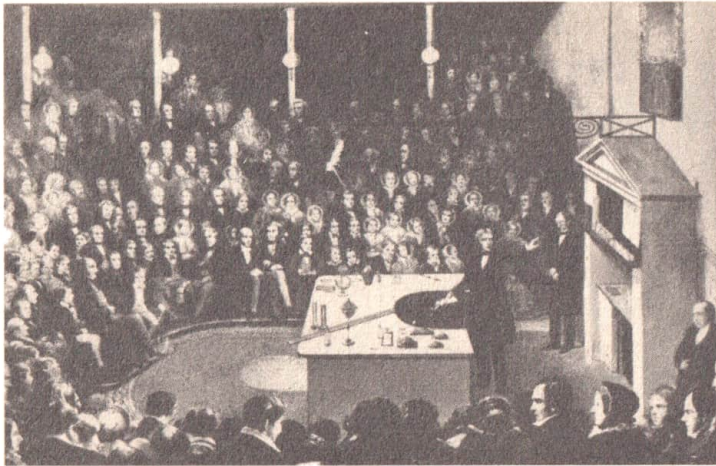
FARADAYS
Labora-
torium
in der
Royal
Institution

1812 hörte FARADAY vier Vorlesungen des bekannten Chemikers DAVY in der „Royal Institution“, einer 1800 gegründeten Einrichtung, die aus dem Bedürfnis entstanden war, naturwissenschaftliche Erkenntnisse für die Praxis aufzubereiten.

FARADAY bewarb sich nach Abschluß seiner Lehre bei DAVY, dem damaligen Präsidenten der Royal Institution, mit der Ausarbeitung von dessen Vorlesungen um eine Stelle und hatte das Glück, 1813 eine vakante Assistentenstelle zu erhalten. Im selben Jahr begleitete er DAVY auf einer zweijährigen Europareise, die ihn nach Frankreich, Italien, Deutschland und den Niederlanden führte und auf der er führende Wissenschaftler wie AMPÈRE und GAY-LUSSAC kennenlernte. Seine Freude an der Reise war nicht ungetrübt, da ihn die reiche Lady DAVY mehr als Diener betrachtete, doch er wußte seine Stellung aufzuwerten und sich zu behaupten.

FARADAYS anfängliche Untersuchungen galten vorwiegend der Chemie. 1816 veröffentlichte er eine chemische Analyse des Ätzkalks, danach entdeckte er zwei Chlorkohlenstoffe, stellte 1823 Chlor in flüssiger Form dar, und 1824 fand er bei der Destillation der Nebenprodukte der Verkokung das Benzol und das Butan. In technischer Hinsicht beschäftigte er sich mit der Herstellung von rostfreien Stahllegierungen (1820 bis 1822) und von Gläsern mit großer Brechungszahl und anderen Eigenschaften (1825 bis 1829). Das von ihm entwickelte Borsilikat-Bleioxid-Glas benutzte er später für seine magnetooptischen Versuche.

Mit diesen und weiteren physikalischen Arbeiten festigte FARADAY seine Stellung, wurde 1821 Oberinspektor an der Royal Institution und heiratete im selben Jahr die Tochter eines Silberschmieds, die auch der freikirchlichen Sekte – den Sandemanianern – wie FARADAYS Familie angehörte. Die Angehörigen dieser Sekte traten für ein anspruchsloses Leben nach strengen moralischen Grundsätzen ein. Dies aufnehmend, hat FARADAY in seiner kinderlosen Ehe stets einen einfachen Lebensstil befolgt und u. a., als sein Ruf als Sachverständiger ihm viele Nebeneinnahmen einbringen konnte, auf diese verzichtet, sich auf seine Forschung konzentriert und seine Ausgaben eingeschränkt.



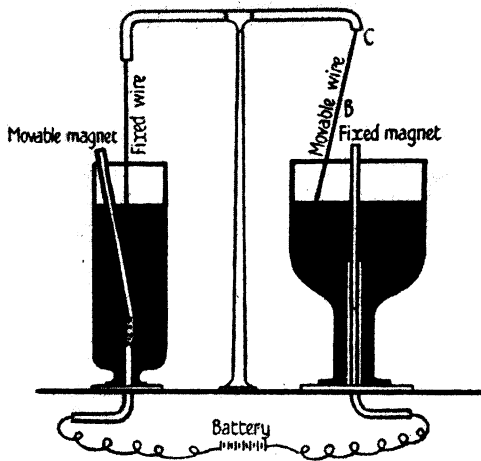
FARADAY
bei einem
Vortrag
in der
Royal Institution
(1855)

1824 wurde FARADAY Mitglied der hochangesehenen „Royal Society“ (Königliche Gesellschaft für die Erweiterung wissenschaftlicher Kenntnisse, seit 1662), trotz der Quertreibereien und wissenschaftlichen Eifersüchtelei DAVYS. 1825 wurde er zum Direktor des Laboratoriums und 1827 zum Professor der Chemie an der Royal Institution ernannt, an der er bis zu seinem Tod trotz ehrenvoller Berufungen blieb. FARADAY hat neben seinen Vorlesungen abendliche Zusammenkünfte von Interessierten (Freitagabend-Vorlesungen) und Weihnachts-Vorlesungen für die Jugend organisiert, eine Tradition, die bis heute gewahrt wird. Dafür schrieb FARADAY u. a. seine Vorlesungsreihe „Naturgeschichte einer Kerze“ [2], ein Musterbeispiel für populärwissenschaftliche Vorlesungen für Kinder.

Sein Debüt als Physiker leitete FARADAY aus OERSTEDS Entdeckung des Elektromagnetismus (1820) ab. Überzeugt von der kreisförmigen Wirkung des Magnetismus um einen Stromleiter, gelang es ihm 1821, einen einseitig beweglichen Stromleiter um einen Magneten und umgekehrt rotieren zu lassen; er konstruierte damit die Urform des Elektromotors.

Bereits 1822 notierte er in sein Tagebuch: „Verwandle Magnetismus in Elektrizität.“ Nach vielen vergeblichen Versuchen fand er Ende August 1831 bei einem Experiment mit zwei unabhängigen Wicklungen auf einem geschlossenen Ring die erste Andeutung der Erzeugung von elektrischem Strom durch Magnetismus, als er – nicht wie erwartet bei geschlossenem Primärkreis – sondern beim Schließen und Öffnen des Primärkreises mit Batterie einen Ausschlag des einfachen Galvanometers im Sekundärkreis bemerkte. Im folgenden Vierteljahr fand er alle uns heute bekannten Grundversuche zur elektromagnetischen Induktion und konstruierte schon ein Gerät zur kontinuierlichen Stromerzeugung, die Urform des elektrischen Generators.

Der Leitgedanke seiner Entdeckung war der Begriff „Induktion“ im allgemeinen Sinne als Erregung eines Zustandes durch einen anderen gewesen. Schon das weist auf FARADAYS Grundauffassung über das physikalische Geschehen hin, die er im-

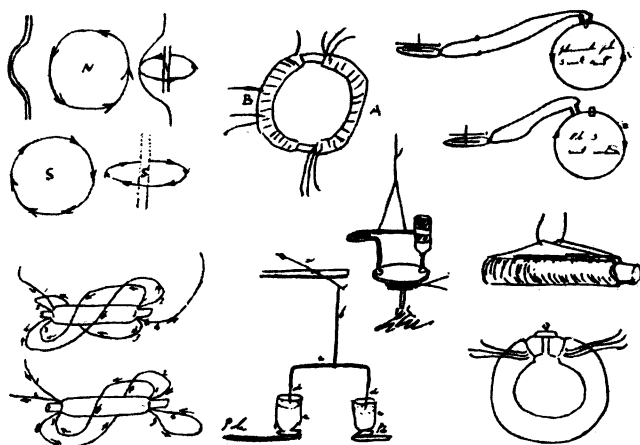


FARADAYS Demonstration
der Rotation
eines beweglichen
Stromleiters
um einen
festen Magneten
und umgekehrt (1820) –
Grundversuch
zum Elektromotor

mer mehr ausbaute. Entgegen der herrschenden Erklärungsweise der Berechnung der Effekte auf der Basis von Fernwirkungskräften im Anschluß an die Mechanik, bildete sich FARADAY die Ansicht, daß über im Raum entstehende und vergehende Spannungszustände (er nannte diese „elektrotonisch“) „Naturkräfte“ (Energieformen) wie Elektrizität und Magnetismus ineinander umwandelbar seien, letztlich eine Einheit der Naturkräfte bestehe. Mit dieser vom Dynamismus geprägten dialektischen Naturansicht hatte FARADAY in zwei Richtungen Erfolge. Zum ersten führte sie FARADAY zu einer Reihe von Untersuchungen, aus denen er die Einheit der „elektrischen Kraft“ bei unterschiedlicher Erzeugungsart (Reibungselektrizität, durch galvanische Elemente und elektromagnetische Induktion) konstatierte. Weiterhin erforschte er die Umwandlung von chemischer in elektrische Energie sowie die Elektrolyse, stellte 1834 die nach ihm benannten elektrochemischen Gesetze auf und prägte mit Hilfe eines in der griechischen Sprache versierten Freundes die zugehörigen eindeutigen Begriffe (Elektrolyt, Elektrode, Anode, Katode, Ion, Kation, Anion). Er folgerte daraus, daß eine „Erzeugung von Kraft (Energie) aus dem Nichts“ unmöglich sei und bereitete von dieser Seite her die Entdeckung des Energieerhaltungsgesetzes mit vor.

Zum zweiten entwickelte FARADAY – unbehindert durch die „theoretischen Fesseln“ (HELMHOLTZ) der hochmathematischen Fernwirkungselektrodynamik – die qualitative Theorie der Kraftlinien; zuerst – ausgehend von der anschaulichen Darstellung mit Hilfe von Eisenfeilspänen – die Vorstellung der magnetischen Kraftlinien zur Erklärung der elektromagnetischen Induktion („Schneiden von Kraftlinien“).

Ab 1835 wandte sich FARADAY, ausgehend von der Elektrolyse, der Erforschung der Dielektrika („erstarrte Elektrolyte“) zu, stellte die Kapazitätserhöhung von Kondensatoren durch Dielektrika fest, führte zur Bestimmung der Ladungsfähigkeit von Isolatoren die relative Dielektrizitätskonstante ein und erklärte den Effekt durch sich ausbreitende elektrische Polarisierung hervorrufoende elektrische Kraftli-



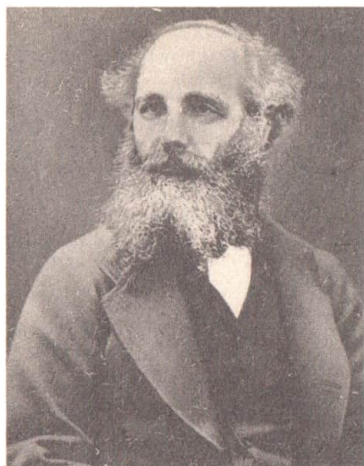
Skizzen FARADAYS
aus seinen
Laboratoriumsbüchern
zur Entdeckung
der
elektromagnetischen
Induktion

nien. Er ergänzte diese Untersuchungen durch solche über Funken- und Gasentladungen (Faradayscher Dunkelraum) und kam zu der Ansicht, daß elektrische Leitung, Polarisation und Entladung nur dem Grad nach unterschiedlich, im Wesen aber gleich seien. Für MAXWELL war dies 1862 ein Impuls, die Hypothese des Verschiebungsstromes aufzustellen.

Ab 1838/1839 zeigte sich bei FARADAY geistige Erschöpfung nach Jahren der angespanntesten Arbeit; er litt an Gedächtnisschwund und Konzentrationsmangel, jede Anwesenheit Fremder strengte ihn an. Er stellte seine Vorlesungstätigkeit vorläufig ein und zog sich immer mehr aus dem gesellschaftlichen Leben zurück. Eine Erholungsreise in die Schweiz leitete eine Besserung ein, und ab 1844 begann er wieder regelmäßig zu arbeiten.

Auf der Suche nach Zusammenhängen zwischen Licht und Magnetismus entdeckte FARADAY, daß sich die Schwingungsebene des linearpolarisierten Lichts im Glas durch ein starkes magnetisches Längsfeld dreht. Der als Faradayeffekt bekannte magneto-optische Zusammenhang regte ihn an, Stoffproben in starken magnetischen Feldern zu untersuchen, er entdeckte dabei die von ihm so benannten dia- und paramagnetischen Stoffe, deren Verhalten er durch die Einführung der Permeabilität („Leitfähigkeit für magnetische Kraftlinien“) charakterisierte.

Auf diese Weise vertiefte er seine Lehre von den elektrischen und magnetischen Kraftlinien, betrachtete sie als eine physikalische Realität und trug 1846 in einer Vorlesung, veranlaßt durch den Ausfall des eigentlich Vortragenden, seine noch unvollendeten „Gedanken über Strahlungsschwingungen“ vor, in denen er die Meinung äußerte, daß Lichtwellen vielleicht nichts anderes seien als Schwingungen von Kraftlinien, so daß der Äther als Träger des Lichts entbehrlich wäre. Diese kühne Hypothese – wie auch FARADAYS gesamte Feldtheorie – wurde lange Zeit kaum beachtet, sogar als Spekulation zurückgewiesen, bis MAXWELL 1855 begann, sie mathematisch auszuarbeiten.

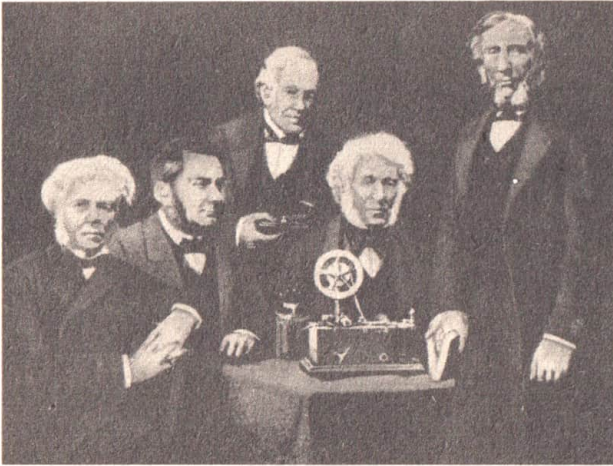


JAMES CLERK MAXWELL wurde am 13. 6. 1831 in Edinburgh als Sohn eines technisch interessierten Gutsbesitzers geboren, der ihn nach dem frühen Tod der Mutter sorgfältig erzog und mit Wissenschaftlern und deren Leistungen bekannt machte.

Noch während des Schulbesuchs überraschte MAXWELL mit einer neuen geometrischen Methode, das Ovalrund zu zeichnen. Nach Abschluß seines Studiums in Cambridge (1854) vertiefte er sich in FARADAYS Arbeiten, und bereits 1855/1856 legte er eine erste Abhandlung „Über Faradays Kraftlinien“ vor. In weiteren Arbeiten entwickelte er bis 1873 mathematisch mit mechanischen Kontinuumsmodellen die elektromagnetische Feldtheorie als neue Nahwirkungstheorie der Elektrodynamik (Maxwellsche Gleichungen) und stellte 1862 mit Hilfe der Verschiebungstromhypothese die elektromagnetische Lichttheorie auf (↗ H. HERTZ).

Neben Forschungen über das Farbensehen widmete sich MAXWELL ab 1860 der dynamischen Gastheorie, stellte das nach ihm benannte Geschwindigkeitsverteilungsgesetz der Gasmoleküle auf und bahnte damit der statistischen Thermodynamik den Weg (↗ BOLTZMANN).

MAXWELL, der kein überzeugender Lehrer war, wirkte ab 1856 als Professor in Aberdeen und nach einer Pause ab 1860 fünf Jahre am King's College in London, wo er die damit verbundene Verpflichtung der Abhaltung von Vorlesungen vor Arbeitern gewissenhaft wahrnahm. Wegen seines schwankenden Gesundheitszustandes zog sich MAXWELL schließlich auf sein Landgut zurück, nahm aber 1871 den mit einer Professur verbundenen Auftrag an, in Cambridge ein physikalisches Laboratorium einzurichten, dessen Aufbau im Zuge der Industrialisierung unumgänglich geworden war. MAXWELL, vor allem Theoretiker, löste auch diese Aufgabe mit Umsicht und begründete damit die Tradition des berühmten Cavendish-Labors. Er starb achtundvierzigjährig nach kurzer Krankheit am 5. 11. 1879 in Cambridge.



Führende
englische
Naturforscher:
FARADAY,
HUXLEY,
WHEATSTONE,
BREWSTER,
TYNDALE
(von links
nach rechts)

Nach 1850 zog sich FARADAY mehr und mehr zurück, 1857 lehnte er es ab, die Präsidentschaft der Royal Society zu übernehmen, und 1861 legte er sein Professorenamt nieder. Seine letzten vergeblichen Überlegungen und Versuche waren darauf gerichtet, Spektrallinien durch Magnetfelder zu beeinflussen bzw. einen Zusammenhang zwischen Elektrizität und Gravitation aufzufinden – beides Ideen von großer Tragweite. Am 25. August 1867 starb FARADAY in Hampton Court bei London.

Obwohl sich in seinem Werk keine schwierigere mathematische Berechnung findet, hatte er durch seine Entdeckungen und den Aufbau der Feldtheorie einen Wandel in den theoretischen Grundlagen der Physik eingeleitet, der zur Feldphysik führte.

Lebensdaten zu MICHAEL FARADAY

1791	am 22. 9. in Newington-Butts bei London als Sohn eines Großschmieds geboren
1805	Beginn der Buchbinderlehre und Weiterbildung durch Vorträge und Studium von Büchern
1813	Assistent an der Royal Institution. Europareise mit DAVY
1816	Beginn von chemischen Forschungen, u. a. Verflüssigung von Chlor, Destillation von Benzol
1821	Oberinspektor an der Royal Institution und Heirat mit der Tochter eines Silberschmieds; harmonische, kinderlose Ehe
1824	Mitglied der Royal Society
1827	Professor der Chemie an der Royal Institution
1831	Entdeckung der elektromagnetischen Induktion, Beginn der Aufstellung der Kraftlinientheorie
1834	Entdeckung der elektrochemischen Grundgesetze

1837	Forschungen über Dielektrika und elektrische Kraftlinien
1839	geistige Erschöpfung, Erholung in der Schweiz
1845	Entdeckung des Faradayeffekts. Magnetische Forschungen über Para- und Diamagnetismus. Weiterführung der Kraftlinientheorie
1855/56	CLERK MAXWELL beginnt den Aufbau der elektromagnetischen Feldtheorie, letzte Veröffentlichung FARADAYS über die Elektrizitätslehre
1867	FARADAY am 25. 8. in Hampton Court bei London gestorben

Literaturverzeichnis zu MICHAEL FARADAY

- [1] Faraday, M.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. 3 Bände. Übersetzt von Dr. S. Kalischer. Springer-Verlag, Berlin 1889 bis 1891.
- [2] Faraday, M.: Naturgeschichte einer Kerze. Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Dr. Günther Bugge. Reclams Universal-Bibliothek Nr. 6019/20, Leipzig 1951.
- [3] Tyndall, J.: Faraday und seine Entdeckungen. J. Ebner-Verlag, Ulm 1948.
- [4] Schütz, W.: Michael Faraday. 4. Auflage, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1982.
- [5] Tricker, R. A. R.: Die Beiträge von Faraday und Maxwell zur Elektrodynamik. Akademie-Verlag, Berlin 1974 (enthält Originalarbeiten, kurze Biographien und Werkkommentare).
- [6] The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. 2 Bände, herausgegeben von W. D. Niven. University Press, Cambridge 1890.
- [7] Clerk Maxwell and Modern Science, Hrsg. von C. Domb. University of London, the Athlone Press, London 1963.

HEINRICH HERTZ (1857 bis 1894)

HERTZ' überragende Leistung war die Erzeugung und der Nachweis elektromagnetischer Wellen, die ihn als einen Physiker auswies, der Theorie und Experiment in gleichem Maße meisterhaft beherrschte. Damit verhalf er 1888 der Faraday-Maxwellschen Feldtheorie endgültig zur Anerkennung und schuf die physikalische Voraussetzung für die Entstehung der Funktechnik.

HERTZ wurde am 22. 2. 1857 in Hamburg als Sohn eines Rechtsanwalts und späteren Senators geboren. Als Sohn wohlhabender und pädagogisch fortschrittlicher Eltern genoß er eine umfassende Ausbildung. In der Schule wurden seine schnelle Auffassung, sein theoretisches Verständnis und Fleiß, aber auch seine Bescheidenheit, Wahrheitsliebe und Hilfsbereitschaft gelobt. Ein Handwerksmeister, bei dem er Drechseln lernte und dem er durch seine handwerkliche Geschicklichkeit auf fiel, bedauerte Jahre später anlässlich HERTZ' Ernennung zum Professor: „Ach, wie schade, was wäre das für ein Drechsler geworden!“ Der Direktor der Gewerbeschule, die HERTZ sonntags besuchte, rühmte sein mathematisches Talent, und ein Lehrer, bei dem er Arabischstunden nahm, beschwor die Eltern, sein Sprachtalent ausbilden zu lassen.



1875, nach einem glänzend bestandenem Abitur, absolvierte er in einem Frankfurter Konstruktionsbüro ein Vorbereitungsjahr für das Studium als Architekt und Bauingenieur, bei dem er seine handwerklichen und naturwissenschaftlichen Fähigkeiten am besten verwerten zu können glaubte. Aber die eintönige Arbeit – meist kopierte er Zeichnungen – füllte ihn nicht aus. Er suchte Befriedigung, indem er sich mit Mathematik und Naturwissenschaften, aber auch mit Philosophie, Volkswirtschaft, Sprachen und Physiologie beschäftigte und physikalische Geräte bastelte. „Ich tue alles durcheinander wie ein Verrückter“, schrieb er in sein Tagebuch und nahm sich vor, alles Unnütze zu lassen, als er 1876 ein Semester am Polytechnikum in Dresden studierte. Nach der einjährigen Militärdienstzeit, wo er sich an den ihn abstoßenden preußischen Drill anpaßte, nahm er sein Ingenieurstudium 1877 in München wieder auf.

Hier rang er sich zu der Erkenntnis durch, daß er sich nur für die Naturwissenschaften wirklich begeistern könnte. Mit Einwilligung des Vaters wechselte er zur Universität München über.

Mit der Gewißheit, „daß das Studium nun nicht nach ein paar Jahren aufhört, sondern das ganze Leben fortauern soll“, kam HERTZ im Oktober 1878 nach Berlin, belegte Vorlesungen bei KIRCHHOFF und HELMHOLTZ, der alsbald auf HERTZ’ „ganz ungewöhnliche Begabung“ aufmerksam wurde. Für die Bearbeitung einer von HELMHOLTZ gestellten Preisaufgabe für Studierende über den Nachweis einer trägen Masse von elektrischen Selbstinduktionsströmen erhielt HERTZ 1879 den Preis der Universität, und schon 1880 promovierte er mit einem ebenfalls der Elektrodynamik entnommenen Thema mit dem in Berlin selten vergebenen Prädikat „magna cum laude“ (sehr gut).

HELMHOLTZ war in dieser Zeit intensiv mit den divergierenden Theorien der Elektrodynamik befaßt. Aus der Verschiebungsstromhypothese, die nach heutigen Begriffen besagte, daß nicht nur ein Strom in einem Leiter, sondern auch ein sich zeitlich änderndes elektrisches Feld, eine elektrische Erregung, ein Magnetfeld her-

vorrufe, hatte MAXWELL gefolgert, daß Lichtwellen elektromagnetische Wellen seien. Diesen ersteren Sachverhalt experimentell nachzuprüfen, machte HELMHOLTZ 1879 zu einer Preisaufgabe der Berliner Akademie, und er suchte insbesondere HERTZ dafür zu gewinnen. Aber HERTZ lehnte ab, denn er hatte berechnet, daß der Effekt nur durch sehr schnelle elektrische Schwingungen zu beobachten wäre. Aber seine „Aufmerksamkeit (blieb) geschärft für alles, was mit elektrischen Schwingungen zusammenhing“.

Mitte 1880 nahm HERTZ die ihm von HELMHOLTZ angebotene Assistentenstelle an dessen neuerbauten Berliner Institut an, arbeitete als Vorlesungsassistent und betreute das Praktikum, beides zeitaufwendige Tätigkeiten. Trotzdem entstand in den zweieinhalb Jahren eine Fülle verschiedenster Arbeiten, von denen die Untersuchungen über die Härte und die Berührungsflächen fester elastischer Körper bis heute für die Technik von Bedeutung sind.

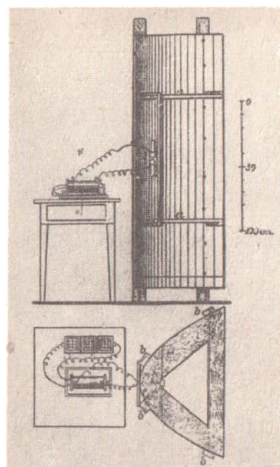
Daneben sind noch seine Forschungen über Gasentladungen, speziell zu den Katodenstrahlen, zu erwähnen, für die er eigenhändig eine Batterie von 1000 Elementen baute. Als er 1891 in Bonn bei einem seiner letzten Versuche die Durchlässigkeit dünner Metallschichten für Kathodenstrahlen bemerkte, verfolgte sein Assistent LENARD den Effekt weiter und kam zu der Auffassung, daß das Atomvolumen bis auf einen Kern leer sei (Dynamiden-Hypothese).

1883 ging HERTZ als Privatdozent an die Universität Kiel, habilitierte dort und hielt Vorlesungen über theoretische Physik. Der Mangel an experimentellen Mitteln führte ihn wieder zu den rivalisierenden Theorien der Elektrodynamik, deren Unterschiede er in einem Aufsatz klar herausarbeitete – ein Problem, das ihn nicht losließ.

Froh darüber, die unzulänglichen Verhältnisse in Kiel verlassen zu können, folgte er 1885 einem Ruf als Professor der Experimentalphysik an die Technische Hochschule Karlsruhe, wo ihn eine reiche physikalische Sammlung erwartete.

1886 heiratete HERTZ die Tochter eines Kollegen. Wegen HERTZ' jüdischer Abstammung emigrierten seine beiden Töchter in der Zeit des Faschismus nach England; und in Deutschland kamen Bestrebungen auf, die nach HERTZ benannte Einheit der Frequenz unter Beibehaltung der Abkürzung in HELMHOLTZ umzubenennen.

Nach der Einarbeitung war er zunächst unschlüssig, welche Forschungen er beginnen sollte. Da gab 1886 eine zufällige Beobachtung, die aber nur ein mit der Theorie Vertrauter richtig deuten konnte, den Ausschlag: Er bemerkte, daß bei einer Entladung eines Kondensators über eine Funkenstrecke einer spiralförmigen Spule auch an einer benachbarten Spule ein Funke erzeugt wurde. Seine „gezielte Aufmerksamkeit“ ließ ihn vermuten, daß diese Induktion nur durch schnellere Schwingungen als die bisher bekannten erzeugt worden war. Systematische Versuche mit dem von ihm gefundenen offenen Schwingkreis (dem Dipol) und einem Empfängerkreis zeigten den für Schwingungen charakteristischen Resonanzeffekt. HERTZ verifizierte zunächst die von HELMHOLTZ gestellte Preisaufgabe, aber danach ging er daran, die Existenz elektromagnetischer Wellen nachzuweisen. Nach einigen entmutigenden Versuchen mit Wellen längs Drähten ließ er den Hörsaal räu-



Hertzscher Sender
mit Reflektor
für Dezimeterwellen
(Strichzeichnung
von H. HERTZ)

Der von HERTZ
gebaute Resonator
mit Funkenstrecke
als Indikator
der von seinem Sender
erzeugten
Dezimeterwellen

men, stellte seinen aus einem Dipol und einem Funkeninduktor als Hochspannungserzeuger bestehenden Sender mit der Frequenz von etwa 80 Mhz auf, brachte an der gegenüberliegenden Wand ein Zinkblech als Reflektor an und konnte nun mit einem kreisförmigen Dipol die Bäuche und Knoten der stehenden Wellen im Raum mittels der Funkenübergänge am Empfänger nachweisen und daraus berechnen, daß sich die elektromagnetischen Wellen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. In einer weiteren Versuchsserie 1888, bei der Wellen von etwa 60 cm Länge mit Parabolspiegeln gebündelt wurden, zeigte er schließlich die Reflexion, Brechung und Polarisation der Wellen und bewies so ihre Wesensgleichheit mit dem Licht. In seinen Veröffentlichungen stellte er nun die elektromagnetische Feldtheorie auf moderner Basis verständlich dar und trug so wesentlich zu deren Anerkennung bei. Welche Meisterschaft in Theorie und Experiment HERTZ bei seinen Forschungen bewies, kann man daran erkennen, daß nicht weniger als vier Forscher vor HERTZ wohl elektromagnetische Wellen beobachtet hatten, diese aber aus Unkenntnis der Theorie nicht entdeckten, d. h. nicht als solche Wellen identifizierten.

Während seiner Versuche beobachtete HERTZ 1887, daß der Funkenübergang in einer Funkenstrecke durch ultraviolettes Licht erleichtert wurde. Er überließ es seinen Schülern HALLWACHS und LENARD, diesen äußeren fotoelektrischen Effekt weiter zu erforschen.

Mit der Nutzung der elektromagnetischen Wellen für die Nachrichtenübertragung hat sich HERTZ nicht befaßt. Als 1889 ein Elektroingenieur bei ihm anfragte, ob man mit diesen „Kraftlinien“ beispielsweise die Schwingungen des Telefons „in die Ferne übertragen“ könne, verneinte HERTZ diese Möglichkeit, da deren Frequenz viel zu niedrig sei. Damit hatte er zweifellos recht, der Anfang sah anders aus: 1890 erfand BRANLY den „Kohärer“, eine mit Metallpulver gefüllte Röhre, der ein wesentlich empfindlicherer Wellenindikator als der Funke war.



ALEXANDER POPOW

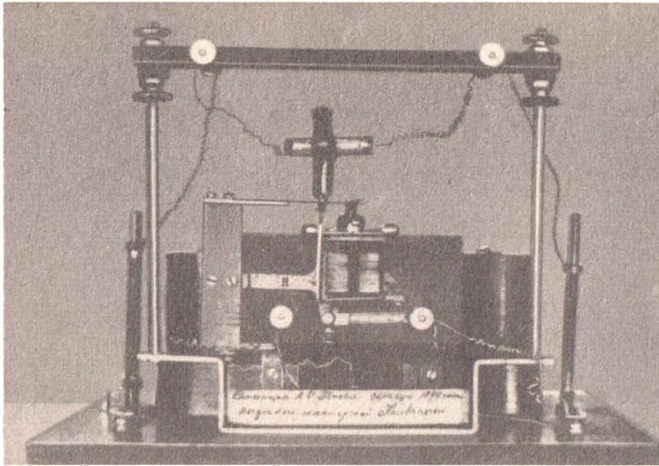
Damit konstruierte der russische Physiker ALEXANDER POPOW, der von 1883 bis 1901 Lehrer an der Torpedoschule und danach Professor am Elektrotechnischen Institut in St. Petersburg (Leningrad) war, ausgehend von den HERTZschen Versuchen, 1895 einen „Blitzanzeiger“ mit einer Antenne, der auf elektrische Entladungen (Blitze) ansprach. 1896 gelang ihm eine drahtlose telegraphische Übertragung über 250 m. Trotz physikalisch fundierter Veröffentlichungen und Vorträge sowie weiterer erfolgreicher Versuche zum Funkverkehr zwischen Schiffen erhielt er nur geringe Unterstützung. Als Direktor des Petersburger Elektrotechnischen Instituts (ab 1905) weigerte sich Popow während der Revolution von 1905, gegen die revolutionäre studentische Jugend vorzugehen. Er starb 1906, nicht zuletzt an den in diesen Wochen erlittenen Aufregungen und Kränkungen.[7]

Dagegen standen dem italienischen Erfinder GUGLIELMO MARCONI, der auch 1895 mit Versuchen zur drahtlosen Telegraphie begonnen hatte, mit der Gründung der Marconi Wireless Telegraph Company große Finanzmittel zur Verfügung, so daß er 1901 durch Verbesserungen der Geräte über den Atlantik senden konnte.

Der Straßburger Professor der Experimentalphysik und Erfinder des Katodenstrahloszillographen (1897) KARL FERDINAND BRAUN war einer der ersten Physiker, der die Funktechnik aus dem Stadium des Probierens herausführte. Beginnend mit der Erfindung der induktiven Kopplung der Antenne an den Schwingkreis (1898) und der Einführung des Kristalldetektors (1899), dessen Gleichrichterwirkung er bereits 1874 festgestellt hatte, begründete er im Anschluß an HERTZ' Forschungen um 1900 die Hochfrequenzphysik und -technik und ermöglichte so eine Weiterentwicklung auf physikalischer Grundlage.[8][9]

1909 erhielten BRAUN und MARCONI den Nobelpreis für Physik.

1889 wählte HERTZ, nunmehr ein hochangesehener Physiker, Bonn als künftige Wirkungsstätte. In seinen letzten Arbeiten; insbesondere in dem Aufsatz „Zur



Porows Funkgerät
mit Kopfhörer

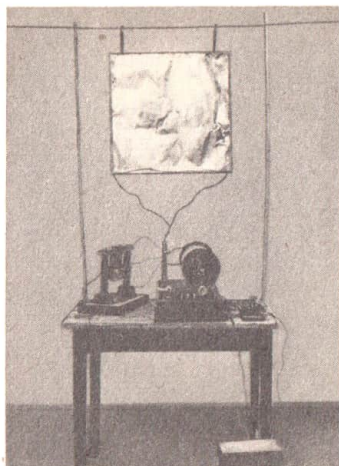
Elektrodynamik bewegter Körper“ und in seinem Werk „Prinzipien der Mechanik“, gelangte HERTZ bis an die Grenzen der mechanischen Naturauffassung. HERTZ hielt an der Existenz eines Äthers als Träger der elektromagnetischen Effekte fest, doch bereitete es ihm Schwierigkeiten, dem Äther einen Bewegungszustand zuzuordnen. Diese Problematik trug zur Herausbildung der Speziellen Relativitätstheorie bei (EINSTEIN). Seine Deutung physikalischer Vorgänge lassen einen mechanisch-materialistischen Standpunkt erkennen, der die Realität der Außenwelt und die Kausalität der Prozesse und ihre Determination betont. Daß HERTZ somit – philosophisch gesehen – im Gegensatz zu MACHS positivistischen Anschauungen stand, wurde insbesondere von LENIN in seinem Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“ herausgearbeitet.

In seinen gesellschaftlichen Auffassungen war HERTZ dem liberalen Bürgertum verbunden. Nur einmal, als er den Aufschwung der Naturwissenschaften in Deutschland erörterte, deutete er eine politische Ansicht an:

„So engherzig sich auch die Beziehungen der Völker zueinander gestaltet haben, im Reiche der Wissenschaft ist das Gefühl für die gemeinsamen Interessen aller Menschen noch nicht verloren.“ [1; Bd. 1 S. 361]

Daraus wird das Unbehagen des auf die internationale Zusammenarbeit eingestellten Wissenschaftlers über die zunehmenden nationalistischen Spannungen an der Schwelle zum Imperialismus deutlich.

Schon ab 1892 hatten Krankheitssymptome, Eiterungen im Kieberraum, seine Tätigkeit behindert. Operationen brachten nur kurzzeitige Besserung. Er starb am 1. 1. 1894 an einer Sepsis, knapp 37jährig. „Nur kurz leben und doch genug leben“, schrieb dieser bescheidene, rastlose und erfolgreiche Physiker kurz vor seinem Tode gleichsam als Motto für sein Lebenswerk.

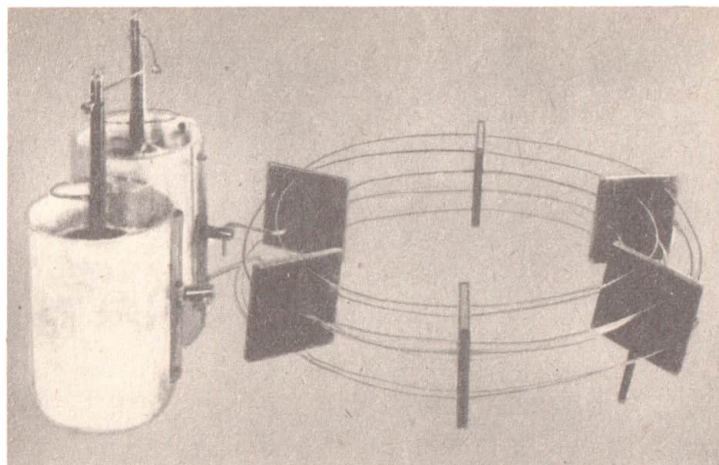


MARCONI
erster Sender

FERDINAND BRAUN
im Alter
von
36 Jahren

Lebensdaten zu HEINRICH HERTZ

1857	am 22. 2. in Hamburg geboren
1875	Ablegung der Reifeprüfung, Vorbereitungszeit auf ein technisches Studium in einem Konstruktionsbüro in Frankfurt/Main
1876/77	Aufnahme des Bauingenieurstudiums in Dresden, einjährige Militärdienstpflicht, Fortsetzung des Studiums in München
1878	Übergang zum Studium der Naturwissenschaften, Aufnahme des Physikstudiums in Berlin, insbesondere bei HELMHOLTZ
1879	Preis der Universität für eine Preisaufgabe
1880	Doktordissertation, Aufnahme der Assistententätigkeit bei HELMHOLTZ, Arbeiten u. a. über die Härte und Katodenstrahlen
1883	Privatdozent in Kiel, Habilitation
1885/86	Berufung als Professor der Experimentalphysik an die TH Karlsruhe; Heirat, Entdeckung des offenen Schwingkreises (Dipol) für sehr schnelle Schwingungen
1887/88	Wiederaufnahme der Preisaufgabe: Entdeckungsserie über die elektromagnetischen Wellen. Versuche zum äußeren fotoelektrischen Effekt
1889	Professor der Physik in Bonn
1891	Letzte Versuche: Durchdringungsfähigkeit von Katodenstrahlen. Arbeit an den „Prinzipien der Mechanik“
1894	HERTZ am 1. 1. an einer Sepsis gestorben
1895	POPOW und MARCONI beginnen Versuche mit Hertzschen Wellen zur Nachrichtenübermittlung
um 1900	BRAUN u. a. begründen, ausgehend von HERTZ' Ergebnissen, die Hochfrequenzphysik und -technik



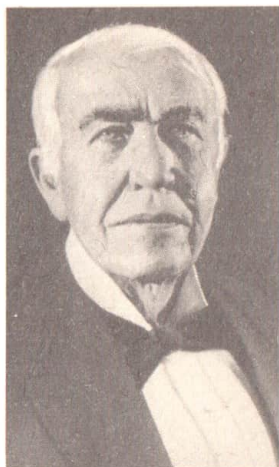
Braunscher
Schwingkreis
mit Spule
und zwei
Leidener
Flaschen

Literaturverzeichnis zu HEINRICH HERTZ

- [1] Gesammelte Werke in drei Bänden von H. Hertz. Verlag B. G. Teubner, Leipzig 1894/95: Band 1: Schriften vermischten Inhalts. Band 2: Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft. Band 3: Die Prinzipien der Mechanik. In neuem Zusammenhang dargestellt.
- [2] Heinrich Hertz. Erinnerungen, Briefe, Tagebücher, Hrsg. von J. Hertz, Leipzig 1927.
- [3] Über sehr schnelle Schwingungen. Vier Arbeiten von Heinrich Hertz, eingeleitet und mit Anmerkungen versehen von Gustav Hertz. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Bd. 251, Leipzig 1971.
- [4] Kuczera, J.: Heinrich Hertz, Entdecker der Radiowellen. 2. Auflage, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1977.
- [5] Grigorjan, A. I. u. Wjalsew, A. N.: Heinrich Hertz. Moskau 1968 (russisch).
- [6] Radowsky, M.: Alexander Popov. Inventor of Radio. Moskau 1957 (englisch).
- [7] Kurylo, F.: Ferdinand Braun. Heinz Moos Verlag, München 1965
- [8] Schreier, W. u. Schreier, H.: Ferdinand Braun. Schöpfer der Hochfrequenzphysik und Wegbereiter der Halbleitertechnik. In: „Physik in der Schule“ Berlin 6/1975, S. 252 bis 261.

THOMAS ALVA EDISON (1847 bis 1931) und WERNER VON SIEMENS (1816 bis 1892)

EDISON, einer der erfolgreichsten Erfinder des 19. Jahrhunderts, schuf neuartige Telegraphengeräte, den ersten Phonographen, hatte Anteil an der Entwicklung des Telefons und der Kinematographie und entdeckte den glühelektrischen Effekt. Seine bedeutendsten Leistungen sind aber die Konstruktion der ersten gebrauchsfähigen Glühlampe und die Errichtung des ersten Elektroenergieverteilungsnetzes (1881), mit dem er die Entwicklung der Starkstromtechnik und die weltweite Elektrifizierung in Gang setzte. Er arbeitete erfolgreich an der Grenzlinie zwischen physikali-

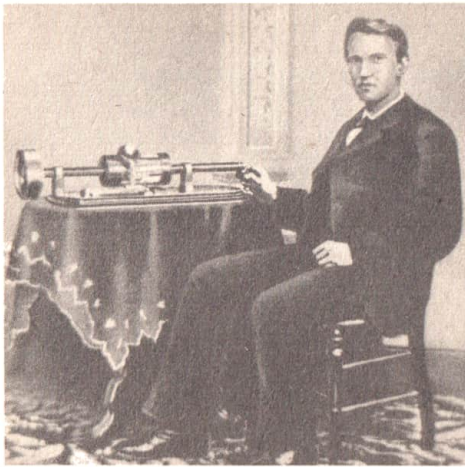


scher Forschung und empirischer Erfindung und verstand es, Naturwissenschaftler auf die Probleme der Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Produktion zu lenken.

THOMAS ALVA EDISON wurde am 11. 2. 1847 in Milan, einem Dorf in Nordohio (USA), geboren. Dorthin war sein Vater, ein Gastwirt, nach der Teilnahme an einer gescheiterten Revolution aus Kanada geflohen. EDISONS Mutter war ihrem Mann mit den beiden älteren Geschwistern in abenteuerlicher Fahrt über den Huronsee gefolgt. Nach nur kurzem Schulbesuch unterrichtete die ehemalige Lehrerin ihren Jüngsten selbst. Kaum 12jährig, verdiente sich EDISON das Geld für allerlei Material zu chemischen Experimenten durch den Handel mit Gemüse und den Verkauf von Süßigkeiten und Zeitungen im Zug zwischen Detroit und Fort Huron, wo die Familie seit 1854 wohnte. In Packwagen dieses Zuges experimentierte er, bis ihn der Schaffner nach einem Phosphorbrand mitsamt seinen Chemikalien hinauswarf. Auch eine eigene, nur einblättrige Zeitung schrieb und druckte er dort mit Inseraten, Marktpreisen und Lokalnachrichten. Mit 15 Jahren faszinierte ihn die Telegraphie derart, daß er während seiner Dienststunden als Eisenbahntelegraphist Fachbücher las sowie Bau, Wirkungsweise und Mängel der Telegraphengeräte genau zu erkunden suchte und darüber oft seine Pflichten vernachlässigte. Deswegen häufig entlassen, wanderte er fünf Jahre durch die Vereinigten Staaten, wo er vor allem während des Bürgerkrieges immer wieder eine Stelle als Telegraphist fand.

Anfänglich konzentrierte er sich auf die Konstruktion von speziellen Telegraphengeräten. Während ein elektrisches Abstimmungsgerät für das Parlament abgelehnt wurde, da es die Manipulierung der Abgeordneten bei Abstimmungen ausschloß, hatte er mit dem Bau von Börsenkursanzeigern großen Erfolg. 46 Patente erhielt er darauf, die er für 30000 Dollar verkaufte. Damit errichtete er in der Nähe von New York eine Werkstatt zum Bau elektrischer Anlagen.

1871 heiratete EDISON eine gerade 16jährige Arbeiterin aus seiner Werkstatt. Eine Tochter und zwei Söhne wurden innerhalb der nächsten fünf Jahre geboren.

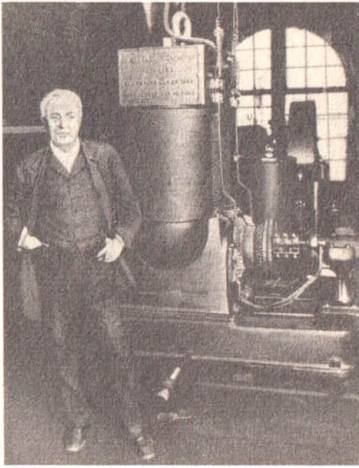


EDISON an seinem
verbesserten Phonographen
(1888)

Seine erste große Erfindung, ein Telegraphengerät für Vielfachtelegraphie, wurde zum Streitobjekt zwischen konkurrierenden Telegraphenunternehmen, die EDISON mit geringen Beträgen abfanden. Trotzdem verdiente er so viel, daß er 1876 in Menlo Park bei New York ein ganz nach seinen Vorstellungen eingerichtetes Laboratorium bauen lassen konnte. Erfinden war hier seine tägliche Arbeit. Hier sollte die Schöpferkraft der Erfinder und Mitarbeiter nicht durch das Profitstreben einzelner Unternehmer eingeengt werden. Dennoch beeinflussten die kapitalistischen Praktiken die Forschungsarbeit. Trotz allem wurde in Menlo Park mit vielen allgemeinnützlichen Erfindungen der Grundstein für die spätere wissenschaftlich-technische Forschung in den USA gelegt.

1877 verbesserte EDISON im Auftrag der führenden amerikanischen Telegraphengesellschaft Western Union BELLS Telefon, indem er ein Mikrophon mit druckabhängigem Kohlewiderstand konstruierte, das die Reichweite der Telefonverbindungen sprunghaft erhöhte. Wie bei der Telegraphie stand auch hier sein finanzieller Gewinn im Vergleich zu dem der Bell Telephone Company und Western Union im krassen Gegensatz zur Ausbeutung seiner erfinderischen Fähigkeiten.

Zum Phonographen, wohl seiner sensationellsten Erfindung, hatte ihm niemand den Auftrag gegeben. Ermutigt durch Versuche für einen Telefonwiederholer, ähnlich dem heutigen automatischen Telefondienst, entwarf er seine erste „Sprechmaschine“. Der Gedanke an ein Gerät zur Konservierung und Reproduzierung der menschlichen Stimme war den meisten so unvorstellbar, das EDISON fortan der „Zauberer von Menlo Park“ genannt wurde. Obwohl die Walzen nur 1 ½ Minuten spielten und Musik und Stimmen bei unregelmäßiger Drehung verzerrten, wurde der Phonograph zunächst zur Sensation in Vergnügungsstätten. EDISON betrachtete den Phonographen als Spielzeug ohne großen kommerziellen Wert und begann erst 10 Jahre später, als andere Erfinder schon mit der Weiterentwicklung des Phonographen vorangekommen waren, Wiedergabequalität und Verwendungsdauer der Schallwalzen zu verbessern. Bis 1900 hatte er den Walzenphonographen zur



EDISON vor dem von ihm
für das erste Elektroenergienetz
konstruierten Dynamo

Höchstform entwickelt (3000mal Abspielen bei guter Klangqualität), ehe die Schallwalze durch die von BERLINER erfundene und von EDISON vervollkommnete Schallplatte verdrängt wurde.

EDISONS bedeutendstes Projekt war der Aufbau des ersten Elektroenergienetzes 1882 in einem Teil New Yorks, mit dem die weltweite Elektrifizierung eingeleitet wurde. Zu diesem Zweck wurde 1878 mit Finanzkapitalisten als Geldgebern die Edison Electric Light Company gegründet, die als Lizenzvergabegesellschaft die erhofften Erfindungen EDISONS ausnutzen wollte. Ab 1878 konzentrierte sich EDISON mit seinen Mitarbeitern auf die Konstruktion eines Dynamos, der bei wechselnder Belastung durch parallelgeschaltete Glühlampen eine konstante Spannung hatte, und auf die Entwicklung einer gebrauchsfähigen Glühlampe als wichtigstes Element des „Lichtsystems“. 1880, nach Tausenden Versuchen mit Glühfäden aus verschiedenstem Material, Verbesserung der Evakuationsmethoden und genauen Berechnungen, wurde die Hochohmglühlampe (ca. 100 Ω) mit verkohlter Bambusfaser als Glühfaden erfunden, die eine Lebensdauer von rund 1000 Stunden hatte.

Ein Nebenprodukt seiner Beschäftigung mit Glühlampen war die Entdeckung des glühelektrischen Effekts (1883), eines Stromes, der „ohne Draht“ durch das Vakuum floß zu einer isoliert in die Glühlampe eingeschmolzenen Elektrode. EDISON maß dieser Erscheinung keine praktische Bedeutung bei. Erst nach 1900 wurde der „Edison-Effekt“ bei der Konstruktion erster Elektronenröhren ausgenutzt.

Für die Pilotanlage in Menlo Park wurden dann in kürzester Frist technisch brauchbare Kabel, Sicherungen, Schalter, Schraubfassungen für Glühlampen und anderes Installationsmaterial sowie ein Speiseleitersystem entwickelt, das die Betriebsspannung von 110 V auch an der entferntesten Lampe garantierte, so daß die für Kabel verwendete Kupfermenge in ökonomisch vertretbaren Grenzen gehalten werden konnte. 1881 erntete EDISON auf der Pariser Elektrizitätsausstellung für seine Modellanlage des „Lichtsystems“ ungeteilten Beifall, und 1882 baute er in einem Bezirk New Yorks das erste Gleichstromnetz auf (Kraftwerk in der Pearl



EDISON mit Versuchsglühlampen
zur Untersuchung
des glühelektrischen Effekts

Street). Darauf begann die Errichtung erster Energienetze in großen Städten der Welt durch rasch entstandene nationale Edison-Gesellschaften. Die deutsche Edison-Gesellschaft wurde 1883 von EMIL RATHENAU gegründet. Aus ihr ging 1887 als Monopolunternehmen die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft (AEG) hervor.

Der um 1885 ausbrechende „Stromkrieg“ zwischen den Verfechtern der Nutzung des Gleichstroms (u. a. EDISON, SIEMENS) und des Wechselstroms förderte nach anfänglicher Konkurrenz überraschend schnell die Monopolisierung. Die aus der Edison Electric Light Company hervorgegangen Edison General Electric fusionierte mit Fabriken für Wechselstromanlagen 1892 zur General Electric, die auf die weitere Mitarbeit EDISONS verzichtete. Bald darauf verkaufte er den Rest seiner Aktien dieser Gesellschaft und wandte sich anderen Forschungen zu.

Einer der Pioniere der Wechselstromtechnik war der Physiker STEINMETZ, der aus Breslau (Wrocław) stammte, nach den USA auswanderte und hier zum Forschungsleiter von General Electric aufstieg. Er nutzte u. a. die Theorie der komplexen Zahlen zur Berechnung von Wechselströmen (Zeigerdiagramme), machte damit die komplizierte Wechselstromtechnik überschaubar und förderte ihre Anwendung. Ein besonderes Verdienst dieses fortschrittlichen Physikers bestand darin, daß er LENIN bei der Ausarbeitung des GOELRO-Plans zur Elektrifizierung der Sowjetunion beriet.

1884 starb EDISONS Frau, gerade 29 Jahre alt, an Typhus. EDISON heiratete 1½ Jahre später die 18jährige Tochter eines reichen Landmaschinenherstellers und -fabrikanten. Weitaus energischer als seine erste Frau beeinflusste sie mit großem Feingefühl sein Verhalten, seinen Geschmack und seine Umgangsformen. Sie hatten drei Kinder miteinander. In West Orange, im Villenviertel der New Yorker Reichen, bezogen sie ein pompöses Haus. Ganz in der Nähe entstand ein neues, großzügiger angelegtes Laboratorium, das zu dieser Zeit umfangreichste und am voll-



CHARLES PROTEUS STEINMETZ
führte die Theorie der komplexen Zahlen
in die Berechnung
von Wechselströmen ein

kommensten ausgestattete private Forschungslabor der Welt. Konnte er sich in Menlo Park noch um die Arbeit jedes einzelnen Mitarbeiters selbst kümmern, mußte er sich bei 60 Beschäftigten in West Orange auf seine Arbeitsgruppenleiter und die Spezialisten verlassen. Mathematiker, Physiker und Chemiker ergänzten nun das Team seiner bewährten Ingenieure, Mechaniker, Glasbläser und anderer Facharbeiter. Mehr noch als Menlo Park diente West Orange den großen Industrieunternehmen als Vorbild für die Einrichtung eigener Forschungslabors. Aber während in EDISONS Labors die unterschiedlichsten Erfindungen reiften, mußte sich die Forschung in den Industrielabors den Interessen und speziellen Erfordernissen des jeweiligen industriellen Unternehmens weitgehend unterordnen. West Orange blieb bis zur Jahrhundertwende den industriellen Forschungseinrichtungen in der Vielfalt der Resultate überlegen.

Auch an der Entwicklung des neuen Massenmediums Kino beteiligte sich EDISON zusammen mit einem Mitarbeiter. Er verwendete EASTMANS dünnes, flexibles und damit rollbares Filmmaterial und führte die Perforation der Filme zum gleichmäßigen Transport ein. Seine 1890 gebaute größere Aufnahmekamera, mit der auf breiterem Film mit weiterem Perforationsabstand erstmals sich bewegende Objekte aufgenommen werden konnten, ist die Urform aller heutigen Filmkameras. Die von EDISON eingeführte Filmbreite von 35 mm wird heute noch benutzt.

EDISONS weitere Erfindungen, wie die Verfahren zur magnetischen Erzabscheidung, zur Portlandzementgewinnung und zur Fertigung von kompletten Betongießhäusern, waren mit hohen Investitionen verbunden. Aber nur die Erzeugung von Portlandzement brachte Erfolg und Gewinn.

Die Entwicklung von EDISONS Nickel-Eisen-Akku hat eine lange wechselvolle Geschichte. Anfangs für das von EDISON konzipierte, aber vom Benzinauto verdrängte Elektroauto gedacht, dominierten seine Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Bleiakku – geringes Gewicht, Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen und lange Lagerfähigkeit ohne Stromentnahme – bei der Ausrüstung von Signalan-



WERNER SIEMENS

lagen der Eisenbahn, transportablen Funkgeräten und Unterseebooten im ersten Weltkrieg.

Gesellschaftlichen Fortschritt sah EDISON vor allem im technischen Fortschritt. Er wandte sich aus eigenen bitteren Erfahrungen als Erfinder gegen die Machenschaften betrügerischer Kapitalisten und Bankiers und stand dem sich ausbreitenden Monopolkapitalismus kritisch gegenüber. Dennoch vereinigte er als 60jähriger alle seine Betriebe zu einem Familienunternehmen, ohne jedoch in seinen Fabriken das auf maximale Ausbeutung zielende Taylorsystem einzuführen. Sein Freund FORD sagte deshalb über ihn: „Er war der Welt größter Erfinder und schlechtester Geschäftsmann.“

Bis kurz vor seinem Tode am 18. 10. 1931 beschäftigte sich EDISON mit den unterschiedlichsten Erfindungen. Ihm wurden über 1000 Patente erteilt. Er hat auf die Frage, woher sein außergewöhnlicher Erfolg rühre, des öfteren auf die Hartnäckigkeit, sich nicht durch Irrwege entmutigen zu lassen, und die Ausdauer bei der Ausführung einer Idee zu einer Erfindung hingewiesen. Das bekräftigte er manchmal recht drastisch, als er, befragt, ob er ein Genie sei, mit Nachdruck erwiderte: Genie ist 99% Transpiration und 1% Inspiration.

Viele gemeinsame Züge mit dem Lebenswerk EDISONS weist das Schaffen WERNER VON SIEMENS' auf. Auch er begann mit der Vervollkommnung von Telegraphenanlagen und hatte insbesondere durch die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips großen Anteil an dem Aufschwung der Starkstromtechnik und dem Beginn der Elektrifizierung. Er gründete 1847 die Telegraphenbauanstalt SIEMENS & HALSKE, die sich zu einem der bedeutendsten elektrotechnischen Monopolunternehmen entwickelte.

SIEMENS wurde am 13. 12. 1816 in Lenthe bei Hannover als erstes Kind eines Gutspächters geboren. Wegen finanzieller Schwierigkeiten des Vaters trat er nach kurzem Besuch eines Gymnasiums als Offiziersbewerber in ein Magdeburger Artill-

lerieregiment ein. Während der dreijährigen Ausbildung an der Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule in Berlin hatte er Unterricht bei Lehrern, die auch an der Universität Vorlesungen in Mathematik, Physik und Chemie hielten. Die vielfältigen Möglichkeiten zur technischen und wissenschaftlichen Fortbildung im Berliner Polytechnischen Verein und in der 1845 gegründeten Physikalischen Gesellschaft nutzte er auch als Secondeleutnant der preußischen Artillerie.

Nach dem Tode beider Eltern 1839 fühlte er sich moralisch verpflichtet, für die neun jüngeren Geschwister zu sorgen. Seinen physikalisch-technischen Neigungen folgend, versuchte er, neben seinem Offiziersberuf mit allerlei Erfindungen (Druckerpresse für Zinkdruckverfahren, Verbesserung von Schießbaumwolle) Geld zu verdienen. Für eine 1842 gefundene neue Methode zur galvanischen Vergoldung und Versilberung erhielt SIEMENS sein erstes Patent, das durch seinen Bruder Wilhelm, der später die englische Filiale seiner Firma leitete, für 1500 Pfund nach England verkauft wurde.

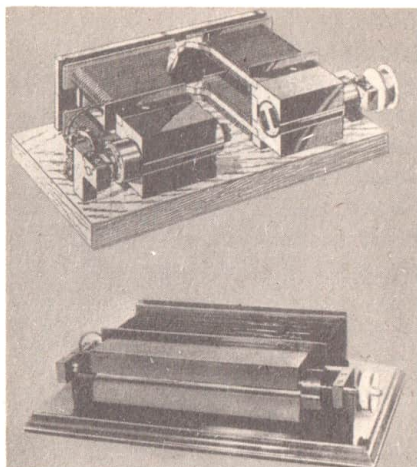
1846 verbesserte SIEMENS den Wheatstoneschen Zeigertelegraphen. Bei der Konstruktion dieses Modells und der Fertigung und Durchbildung eines ganzen Systems zur funktionsfähigen und wirtschaftlich rentablen Nachrichtentechnik (Blitzsicherungen, Relais, Isolatoren, einer Guttaperchapresse zur Isolierung unterirdisch zu verlegender Kabel) half ihm wesentlich der Feinmechaniker HALSKE, mit dem er 1847 die „Telegraphenbauanstalt Siemens & Halske“ in einem Berliner Hinterhaus eröffnete. Die von SIEMENS übernommene Einrichtung einer ersten langen europäischen Telephonlinie zwischen Berlin und Frankfurt (Main) (1848) wurde jedoch durch die mangelhafte Isolation der unterirdischen Kabel beeinträchtigt.

Der Bau großer Telegraphenlinien in Rußland (1853 bis 1855) unter Leitung seines Bruders und die Errichtung der Indo-Europäischen Telegraphenlinie über 11000 km (1869), die bis 1931 funktionierte, wie auch Seekabelverlegungen (ab 1853), bei denen sich eine von SIEMENS erfundene Kabelbremse bewährte, waren technische Höchstleistungen. Durch wesentliche Verbesserungen der Telegraphentechnik (Fehlersuchgerät, Ruhestromtechnik, Konstruktion des Doppel-T-Ankers für seinen Zeigertelegraphen) sowie durch die Festlegung einer Widerstandseinheit (Quecksilbereinheit), aus der die Einheit Ohm hervorging, wuchs sein Ansehen als technischer Physiker.

1860 wurde ihm die Ehrendoktorwürde der Berliner Universität verliehen.

In seinen von der Elektrotechnik inspirierten physikalischen Arbeiten über Ladungserscheinungen bei „Flaschendrähnen“ (als Kondensatoren wirkende isolierte Drähte) und über die Geschwindigkeit der Elektrizitätsausbreitung in Drähten sowie über den Magnetismus und Elektromagnetismus (Andeutung des magnetischen Kreises) hat SIEMENS schon früh die Faradaysche Feldvorstellung vertreten. Ferner zählen seine Untersuchungen über die durch Licht und Wärme veränderte elektrische Leitfähigkeit des Selen zu den Ausgangspunkten der Halbleiterphysik.

SIEMENS' bedeutendste Entdeckung war die des dynamoelektrischen Prinzips 1866 (unabhängig von WHEATSTONE und VARLEY). SIEMENS erkannte, daß man damit einen leistungsfähigen Starkstromerzeuger konstruieren konnte, einen Dy-



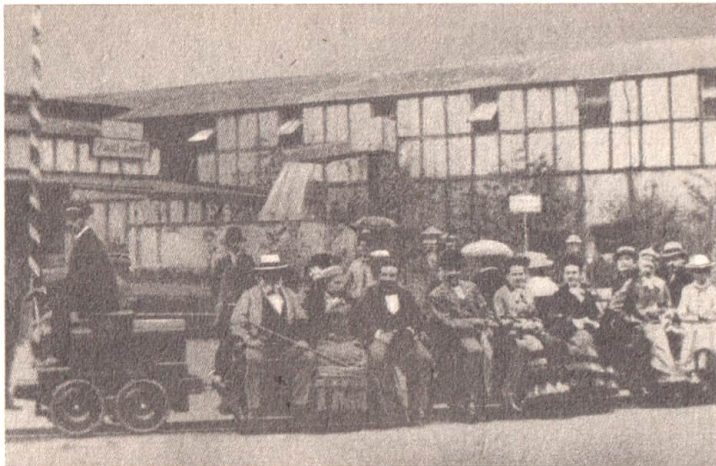
Dynamomaschine von SIEMENS
(1866)

namo, der durch die Erfindung des Trommelankers (1872) durch den Leiter des Konstruktionsbüros der Firma, VON HEFNER-ALTENECK, vervollkommen wurde. 1879 zeigte SIEMENS auf der Berliner Gewerbeausstellung die erste Elektrolokomotive, 1880 den ersten elektrischen Aufzug. 1881 fuhr in Berlin die erste von ihm konstruierte elektrische Straßenbahn, auch Pläne für Berliner Hoch- und Untergrundbahnen gehen auf ihn zurück. Damit gehörte SIEMENS zu den Begründern der Starkstromtechnik. Diese wissenschaftlichen und technischen Leistungen wurden 1873 durch die Aufnahme in die Preußische Akademie der Wissenschaften anerkannt.

SIEMENS' gesamtes Schaffen, insbesondere sein Weg zum Erfinder und technischen Physiker, ist eng verknüpft mit der Festigung der kapitalistischen Gesellschaftsordnung und dem damit verbundenen Aufstieg Deutschlands zum Industriestaat, zu dem er wesentlich beitrug. Weniger im Sinne der demokratischen Volksbewegung, sondern als Schlag gegen die Vorherrschaft der preußischen Junker begrüßte er überschwänglich in einem Brief an seinen Bruder den Volksaufstand während der bürgerlich-demokratischen Revolution von 1848 in Berlin:

„Ich beeile mich, lieber Bruder, Dir meinen ersten Gruß aus freiem Lande zu überbringen! Gott, welche Änderung seit zwei Tagen! Die beiden aus Versehen getanen Schüsse am Schloßplatz haben Deutschland mit einem Sprunge um ein Menschenalter fortgeschoben!...“ [2; S. 53/54]

Sein Bestreben als Gründungsmitglied der liberalen „Deutschen Fortschrittspartei“ war darauf gerichtet, den Einfluß der jungen deutschen Industriebourgeoisie im Inland zu verstärken und für die Anerkennung deutscher Industrieleistungen und -erzeugnisse im Ausland sowie für die Erschließung neuer Märkte zu wirken. Das fand u. a. seinen Ausdruck in seinem Kampf um die Annahme eines allgemeinen deutschen Patentgesetzes (1877), das vor allem den die Erfindungen ausbeutenden Unternehmer besser schützte. Bei seinem Aufstieg zum Großindustriellen hat SIEMENS dann wesentlich dazu beigetragen, die Interessenrivalität zwischen



Erste
elektrische
Bahn
SIEMENS
auf der
Berliner
Gewerbe-
ausstellung
(1879)

Großbourgeoisie und Junkertum auszugleichen. Er erwies sich als Verbündeter des preußischen Staates, der beispielsweise die im Vorfeld des Krieges gegen Österreich (1866) unter Umgehung des Abgeordnetenhauses vorgenommene Erhöhung des Militärbudgets nachträglich mit legalisierte und der den sich zu einem Eroberungskrieg gestaltenden Krieg Deutschlands gegen Frankreich 1870/71 lebhaft begrüßte.

Seine eigene Firma, die 1847 als Telegraphenbauanstalt gegründet worden war, profilierte und erweiterte SIEMENS zu einem elektrotechnischen Großunternehmen, das immer neue Anwendungen der Elektrizität in sein Produktionsprogramm aufnahm. Mit der Errichtung von Tochterunternehmen u. a. in England und Rußland unter der Leitung seiner Brüder strebte er eine Vormachtstellung auf dem Gebiet der Elektrotechnik in Europa an. Er rüstete seine Fabrik schon früh mit hochspezialisierten Werkzeugmaschinen aus und gliederte ihr bereits um 1860 eine Konstruktionsabteilung an. Damit gelang es ihm, sowohl durch technische Spitzenleistungen als auch durch erhöhte Arbeitsproduktivität, das Weltniveau in der Elektrotechnik mitzubestimmen.

SIEMENS' Sozialpolitik gegenüber seinen Arbeitern und Angestellten wurde von der Widersprüchlichkeit der Entwicklung zum Monopolkapitalismus bestimmt. Er suchte die Forderungen der sich formierenden Arbeiterklasse u. a. dadurch zu unterlaufen, daß er die hochspezialisierten Facharbeiter durch einen von ihnen mitfinanzierten Unterstützungs- und Pensionsfonds an sein Unternehmen und seine Interessen band, da ihre Ansprüche bei Entlassung oder Kündigung verfielen. Ebenso beutete er die in seinem Betrieb beschäftigten Konstrukteure, u. a. von HEFNER-ALTENECK, aus, indem er ihren finanziellen Anteil an der Auswertung ihrer Erfindungen gering hielt.

Über seine Zeit hinauswirkend ist es jedoch SIEMENS' Verdienst, die Wissenschaft umfassend für den technischen Fortschritt eingesetzt und damit die Entwicklung der Produktivkräfte entscheidend vorangetrieben zu haben. Die führende



WERNER VON SIEMENS
(rechts oben)
mit seinen Brüdern
CARL (links) und WILLIAM

Stellung der deutschen Elektroindustrie zur Jahrhundertwende wäre ohne seine Leistungen undenkbar. Seine Bemühungen, zunächst im Dienst der eigenen Firma und der deutschen Elektroindustrie, um die Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (1887) und eines Elektrotechnischen Vereins (1879) sowie um die Errichtung elektrotechnischer Lehrstühle an den Technischen Hochschulen (1882) kennzeichnen ein neues Wechselverhältnis zwischen Physik und Produktion, mit dem die vollständige Aufbereitung und Integration des physikalischen Wissens für die Produktion angestrebt wurde.

SIEMENS war zweimal verheiratet und hatte sechs Kinder. 1889 schied er aus der Leitung des Familienunternehmens Siemens & Halske aus und übergab sie seinen Söhnen, Brüdern und anderen Verwandten. Als er am 6. 12. 1892 in Charlottenburg bei Berlin starb, waren in dem bald darauf in eine Aktiengesellschaft umgewandelten Betrieb bereits über 5000 Menschen beschäftigt.

Lebensdaten zu THOMAS ALVA EDISON

1847	am 11. Februar in Milan (Nordohio, USA) geboren
1852 bis 1862	Unterricht bei der Mutter (ehemalige Lehrerin), Zeitungsverkäufer, Gemüsehändler
1862 bis 1867	Telegraphist bei der Eisenbahn. Ständig auf Stellungssuche, wandert er kreuz und quer durch die Vereinigten Staaten
1868	Erste Erfindungen für die Telegraphie
1870	Einrichtung der Werkstatt in Newark bei New York zum Bau elektrischer Anlagen
1871	Heirat
1871 bis 1876	Entwicklung von Geräten zur Vielfachtelegraphie, Aufbau des Laboratoriums in Menlo Park als „Erfinderwerkstatt“ für sich und seine Mitarbeiter

1877	Konstruktion eines Kohlemikrophons; damit Erhöhung der Reichweite des Telefons
1878	Erfindung des Walzenphonographen, erste Schallaufzeichnung und -wiedergabe; Plan des elektrischen „Lichtsystems“
1880	Herstellung der ersten gebrauchsfähigen Glühlampe und Verbesserung des Dynamos als Stromerzeuger
1882	Erstes Elektroenergieverteilungsnetz für einen Teil New Yorks
1884	EDISONS Frau stirbt
1886	Zweite Heirat. West Orange entsteht, das damals umfangreichste und bestausgestattete private Forschungslaboratorium der Welt
1889 bis 1911	Verschiedene Erfindungen: Konstruktion und Weiterentwicklung kinematographischer Geräte, industrielles Projekt zur magnetischen Erzabscheidung (ab 1892), industriemäßige Herstellung von Portlandzement, Patent für Betongießhaus (ab 1906), Entwicklung des Nickel-Eisen-Akkus (ab 1900)
1911	Vereinigung aller Betriebe zur Edison-Gesellschaft, einem der bedeutendsten kapitalistischen Familienunternehmen
1931	18. Oktober, EDISON stirbt in West Orange

Literaturverzeichnis zu THOMAS ALVA EDISON

- [1] Schreier, W. und H.: Thomas Alva Edison. 3. Auflage B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1982.
- [2] Josephson, M.: Edison. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York/Toronto/London 1958.

Lebensdaten zu WERNER VON SIEMENS

1816	am 13. Dezember in Lenthe bei Hannover geboren
1834 bis 1846	Offiziersanwärter, später Secondelieutenant bei der preußischen Artillerie, Absolvierung der Vereinigten Ingenieur- und Artillerieschule in Berlin, Fortbildung im Polytechnischen Verein und der Physikalischen Gesellschaft. Erste Erfindungen: Methode zur galvanischen Vergoldung und Versilberung, Verbesserung des Wheatstoneschen Zeigertelegraphen Ab 1839 Versorgungs- und Erziehungspflichten für neun jüngere Geschwister
1847	Gründung der „Telegraphenbauanstalt Siemens & Halske“
1848	Bau der Telegraphenlinie Berlin – Frankfurt (Main)
ab 1853	Seekabelverlegungen durch die Firma Siemens & Halske Verbesserungen der Telegraphentechnik (Fehlersuchgerät, Ruhestromtechnik, Erfindung des Doppel-T-Ankers für Zeigertelegraphen (1856), Kabelbremse, Kabeltheorie)
1860	Verleihung der Ehrendoktorwürde der Berliner Universität
1866	Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips
1874	Ernennung zum Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften
ab 1880	Bau starkstromelektrischer Anlagen

- 1889 SIEMENS scheidet aus dem Familienunternehmen aus, einem der inzwischen bedeutendsten Großunternehmen auf dem Gebiet der Elektrotechnik
- 1892 6. Dezember, WERNER VON SIEMENS stirbt in Charlottenburg bei Berlin

Literaturverzeichnis zu WERNER VON SIEMENS

- [1] v. Siemens, W.: Lebenserinnerungen. Springer-Verlag, Berlin 1942.
- [2] Matschoß, C.: Werner Siemens. Ein kurzgefaßtes Lebensbild nebst einer Auswahl seiner Briefe. 2. Bde. Verlag Julius Springer, Berlin 1916
- [3] v. Weiher, S.: Werner von Siemens. Musterschmidt-Verlag, Göttingen/Zürich/Frankfurt (Main) 1970
- [4] Wissenschaftliche und technische Arbeiten von Werner Siemens. 2. Bde. Verlag Julius Springer, Berlin 1889 und 1891.
- [5] Löser, W.: Werner von Siemens. In: „Physik in der Schule“ Berlin, 4 (1966) 12, S. 509 bis 516.
- [6] Grabow, R. und Einsporn, K.: Werner von Siemens. In: „Physik in der Schule“ Berlin, 5 (1967) 1, S. 6 bis 11 und 5 (1967) 2, S. 58 bis 63.
- [7] Physiker über Physiker I und II Antrittsreden, Erwiderungen bei der Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie, Gedächtnisreden 1870 bis 1929. Bearbeitet von Christa Kirsten und Hans-Günther Körber. Akademie-Verlag, Berlin 1975 und 1979, I: S. 84; II: S. 106 bis 123.

ROBERT MAYER (1814 bis 1878)

Der Arzt ROBERT MAYER ging als Entdecker des Gesetzes von der Erhaltung der Energie in die Geschichte der Naturwissenschaften ein. Studien auf dem Gebiete der Physiologie hatten den „Außenseiter“ unter den Physikern veranlaßt, sich mit Problemen der Energieumwandlung zu beschäftigen. Es gelang ihm, die philosophische Bedeutung und den praktischen Wert dieser Entdeckung klarer zu erfassen als viele Physiker seiner Zeit.

FRIEDRICH ENGELS wertete die Forschung MAYERS insbesondere als wichtigen Beitrag zum Übergang der Naturwissenschaften von der metaphysischen zur dialektischen Betrachtungsweise der Natur im zweiten Drittel des 19. Jahrhunderts: „Die Physik war ... bei einem Resultat angekommen, das mit Notwendigkeit auf den ewigen Kreislauf der sich bewegenden Materie als Letztes hinwies.“ [1; S. 320]

Der Weg, den MAYER bis zu seiner Entdeckung durchschritt, wurde trotz aller Besonderheiten durch die konkrete wissenschaftliche Situation seiner Zeit bestimmt. Beziehungen zur Thematik hatte MAYER nach seinen autobiographischen Aufzeichnungen [2] von Kindheit an. Er wurde am 25. November 1814 als dritter Sohn eines Apothekers in Heilbronn geboren und durch seinen naturwissenschaftlich interessierten Vater bereits in der Schulzeit mit chemischen und physikalischen Problemen vertraut. Nach dem Besuch des Gymnasiums in Heilbronn und des evangelisch-theologischen Vorbereitungsseminars in Schöndal studierte er von



ROBERT MAYER

1832 bis 1837 Medizin an der Universität Tübingen. Wegen der Teilnahme an Veranstaltungen der verbotenen studentischen Verbindung Wesphalia war er im Frühjahr 1837 von der Universität verwiesen worden, erhielt jedoch ein Jahr später die Möglichkeit, sein Studium abzuschließen.

Nicht gewillt, nach der Verteidigung seiner Dissertation im Jahre 1838 schon endgültig in seine Heimatstadt zurückzukehren, erwog er eine mehrjährige Tätigkeit als Arzt in den holländischen Kolonien in Südostasien. Trotz aller Gefahren, die ein solches Unternehmen verhiess, überwogen für MAYER die Vorzüge einer so interessanten Seereise, die ihn mit vielen Ländern bekannt machen würde und die auch nicht unbedeutende Einnahmen versprach. Vor allem aber wollte er Erfahrungen auf seinem Fachgebiet sammeln. [2; S. 11] Ehe jedoch alle Formalitäten erledigt waren, hatte MAYER seine weitreichenden Pläne auf eine Seereise als Schiffsarzt reduziert. Die bis zur Abfahrt verbleibende Zeit nutzte er zu medizinischen Studien in Paris. Am 23. Februar 1840 stach die „Java“ von Rotterdam aus nach Batavia in See, um erst 1841 wieder zurückzukehren. MAYER führte während dieser Zeit an Bord ein geruhames, von dienstlichen Pflichten nicht allzusehr belastetes, aber auch wenig komfortables Leben. Seine freie Zeit widmete er intensiven physiologischen Studien.

Die Physiologie war zu jener Zeit im Begriff, sich neue Wege der Forschung und damit auch eine grundlegend neue Betrachtungsweise physiologischer Prozesse zu erschließen. Der Vitalismus, der als Grundlage aller Lebensprozesse eine den Gesetzen der Natur nicht unterworfenen „Lebenskraft“ ansah, eröffnete der Forschung keine Perspektiven. Die Fortschritte der Naturwissenschaften ließen dagegen neue Möglichkeiten der experimentellen Untersuchung physiologischer Erscheinungen mit physikalischen und chemischen Methoden erkennen. Offenbar unter dem Eindruck dieser Problematik wurde MAYER durch Beobachtungen physiologischer Besonderheiten des menschlichen Organismus in den Tropen – er fand das venöse Blut hier heller als in den nördlichen Breiten – zu Überlegungen über das Verhält-

nis von Verbrennungsprozeß, Wärmeerzeugung und Bewegungsenergie eines Lebewesens geführt. Auf der Reede von Surabaja kam ihm dann gewissermaßen blitzartig der Gedanke, daß sich qualitativ unterschiedliche Energieformen in einem ganz bestimmten quantitativen Verhältnis ineinander umwandeln können. Auf der Rückreise ganz mit Fragen der Energieumwandlung beschäftigt, erkannte er die Notwendigkeit, das Problem physikalisch zu bearbeiten.

Im Februar 1841 von seiner Reise zurückgekehrt, ließ sich MAYER als praktischer Arzt in seiner Heimatstadt Heilbronn nieder. Er baute eine gutgehende Praxis auf, bekleidete öffentliche Ämter, beteiligte sich auch sonst rege am öffentlichen Leben und bewirtschaftete seinen Weinberg. Gleichzeitig setzte er sich auch weiterhin geradezu besessen mit den Problemen der Energieumwandlung auseinander. Seine Hoffnungen, als Physiologe von den Physikern klare Auskünfte über den Charakter der Energieformen der unbelebten Natur zu erhalten, erfüllten sich allerdings nicht.

Die Physik jener Zeit befand sich in einer Umbruchsperiode. Neben wägbaren Stoffen wurden noch Imponderabilien wie Wärmestoff und elektrische Flüssigkeiten angenommen. Der Begriff Kraft wurde mit verschiedenen physikalischen Erscheinungen belegt (Kraft, Impuls, Energie). Neben erstarrten Vorstellungen standen aber bereits Ansätze für eine neue dialektische Betrachtungsweise der Natur. Die Pariser Akademie der Wissenschaften verkündete schon 1775 die Unmöglichkeit eines perpetuum mobile. Die Dampfmaschine demonstrierte praktisch die Umwandlung von Wärme in mechanische Energie. Die Annahme eines spezifischen Wärmestoffes war experimentell untergraben. Die Erkenntnis von der Umwandlung qualitativ unterschiedlicher Energieformen in bestimmten quantitativen Verhältnissen lag sozusagen in der Luft. Verbreitete Aversionen gegen eine deduktiv-theoretische Behandlung physikalischer Probleme erschwerten jedoch diesen Schritt.

Der Situation entsprechend, erhielt MAYER auf seiner Suche nach wissenschaftlichen Kontakten von befreundeten Naturwissenschaftlern zwar Hinweise zu einzelnen Problemen und Ermunterung zur Fortführung seiner Arbeiten, aber keine allgemeine Bestätigung der Richtigkeit und Notwendigkeit seiner Bemühungen. Er mußte sich selbst Schritt für Schritt in das für ihn neue Gebiet der Physik einarbeiten. Aus dem Hilfsmittel für die Bewältigung physiologischer Probleme wurde der eigentliche Forschungsgegenstand.

Bereits im Jahre 1841 sandte MAYER seine erste Arbeit „Über die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte“ an die „Annalen der Physik und Chemie“, die allerdings von POGGENDORFF weder veröffentlicht noch zurückgesandt wurde. Später verwies MAYER darauf, daß seinen Vorstellungen in jener Zeit noch „Ungeheimheiten und Extravaganzen“ anhafteten, die keinen gewinnenden Eindruck machten. [2; S. 378] Im Jahre 1842 erschien die erste Mitteilung MAYERS über das von ihm formulierte Gesetz der Erhaltung und Umwandlung der Energie unter dem Titel „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ in Liebig's „Annalen der Chemie und Pharmazie“. Dieser kurzen Arbeit folgte 1845 eine ausführliche Darlegung der Problematik unter dem Titel „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“. Mit den beiden letzten Arbeiten

I.	Fallkraft	} mechanische Kräfte, mechanischer Effekt.
II.	Bewegung	
	A. einfache.	
	B. undulirende, vibrirende.	
III.	Wärme	} IMPONERABLEN
IV.	Magnetismus	
	Elektricität, Galvanischer Strom.	
V.	Chemisches Getrenntsein gewisser Materien.	} chemische Kräfte.
	Chemisches Verbundensein gewisser anderer Materien.	

Überblick
über die von MAYER
angegebenen Energieformen

begründet MAYER seine Priorität bei der Entdeckung des Energiesatzes. Er hob die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes hervor und betonte dabei insbesondere den Aspekt der Energieumwandlung. Er errechnete den Wert des mechanischen Wärmeäquivalents und erkannte die große praktische Bedeutung des Gesetzes für Wissenschaft und Technik. Seine konkreten physikalischen Untersuchungen beschränkten sich allerdings vorwiegend auf die Umwandlungsprozesse von Wärme und mechanischer Energie. Dabei faßte er Wärme als eine Form der Energie auf, die aus Bewegung entstehen kann. Hypothesen über die Natur der Wärme waren damit aus seinen Betrachtungen ausgeschlossen, MAYERS Prinzip war es, von Erfahrungstatsachen auszugehen und Hypothese und Spekulation zu meiden.[2; S. 209] Für ihn ergab sich die Unzerstörbarkeit der Energie aus dem Prinzip von Ursache und Wirkung. Dabei setzte er jedoch voraus, daß die Wirkungen in qualitativ unterschiedlichen Formen auftreten. MAYER nannte in diesem Zusammenhang alle zur damaligen Zeit von der Wissenschaft bereits erfaßten Energieformen. Die Unzerstörbarkeit der Energie führte MAYER zur Frage nach dem quantitativen Verhältnis dieser Umwandlung. Seine Berechnungen ergaben, daß dem Herabsinken eines Gewichtes um 365 m die Erwärmung der gleichen Masse Wasser um 1°C entspricht. MAYER verglich diese Größe mit dem Wirkungsgrad der Dampfmaschine und verwies auf die praktische Bedeutung der Nutzung effektiver Formen die Energieumwandlung. [3; S. 30]

Mit dem Nachweis der Existenz eines mechanischen Wärmeäquivalents war der Weg für die experimentelle Bestätigung des Energiesatzes in allen seinen konkreten Beziehungen geebnet. MAYER experimentierte selbst zwar kaum, legte seinen Berechnungen jedoch die zu jener Zeit geeignetsten experimentellen Ergebnisse zugrunde (MAYER errechnete das mechanische Wärmeäquivalent aus den Versuchen von GAY-LUSSAC über die Ausdehnung von Gasen [4; S. 48 bis 50]). Da er seine Ergebnisse aber nicht induktiv darlegte, sondern sie vielmehr als Axiome der Naturwissenschaften beschrieb, die lediglich anhand von Beispielen erläutert wur-

den, erweckte er bei seinen Zeitgenossen den Eindruck eines Forschers, der „seiner ganzen Geistesrichtung nach lieber philosophisch generalisierte, als empirisch stückweise aufbaute“. [4; S. 22] Somit ergab sich die für MAYER entmutigende Situation, daß seine Arbeiten bis in die 60er Jahre hinein fast unbekannt blieben. Andere Physiker kamen fast gleichzeitig mit MAYER zu ähnlichen Erkenntnissen und führten das von MAYER Begonnene vorerst ohne Kenntnis seiner Arbeiten weiter. Zu nennen sind hier vor allem JAMES PRESCOTT JOULE und HERMANN VON HELMHOLTZ.

JOULE (1818 bis 1889) war bereits in jungen Jahren in die elterliche Brauerei eingetreten, hatte jedoch neben dieser Tätigkeit Unterricht in Mathematik und Naturwissenschaften genommen. Experimentelle Arbeiten zur Wärmeentwicklung des elektrischen Stroms führten 1840 zur Entdeckung des Gesetzes über die Stromwärme. Diese Untersuchungen bestärkten ihn in der Überzeugung, daß Wärme in andere Energieformen umwandelbar ist. Insbesondere die Wirkungsweise elektrischer Maschinen veranschaulichte ihm dieses Prinzip. Folgerichtig dehnte er seine Experimente aus und bestimmte nicht nur das quantitative Verhältnis zwischen Strom und der von ihm hervorgebrachten Wärmemenge, sondern auch die mechanische Arbeit, die aufgewendet werden mußte, um diesen Strom zu induzieren. Zu diesem Zweck drehte er den Elektromagneten nicht mehr mit der Hand, sondern mit Hilfe eines fallenden Gewichtes. Mit diesen Größen ermittelte er 1843 das mechanische Wärmeäquivalent. In den darauffolgenden Jahren variierte er seine Experimente zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes (Schaufelradversuch) und trug damit wesentlich zur Durchsetzung des Energiesatzes bei. Heute trägt die Einheit der Energie seinen Namen. JOULES Auffassung, daß die Energieumwandlung nur mit der Bewegungstheorie der Wärme vereinbar sei, hat die Herausbildung der Thermodynamik um 1850 gefördert.

HELMHOLTZ hatte in seiner Arbeit „Über die Erhaltung der Kraft“ im Jahre 1847 eine umfassende mathematische Bearbeitung des Energieprinzips geliefert. Rückschauend wird deutlich, daß erst die Beiträge aller drei Wissenschaftler in ihrer gegenseitigen Ergänzung in der Lage waren, dem Energieprinzip zum Durchbruch zu verhelfen.

MAYER, nervlich bereits sehr labil, glaubte jedoch in den Schwierigkeiten, die die Durchsetzung des Energieprinzips in den 40er Jahren mit sich brachte, Opposition gegen seine Person zu erkennen. Prioritätsstreitigkeiten bestärkten ihn in dieser Annahme. Anstatt den Hinweisen seiner Freunde zu folgen und systematisch weiterzuarbeiten, zog er sich verbittert auf seine medizinische Praxis und die Religion zurück.

Aus dem für politische Freiheit schwärmenden Studenten war inzwischen ein pflichtbewußter Staatsbürger geworden, der die Monarchie gegenüber den Idealen der 48er Revolution in Schutz nahm. Die Enttäuschung MAYERS steigerte sich bis zu psychischen Krankheitszuständen, die ihn in den 50er Jahren mehrmals zwingen, eine Nervenheilanstalt aufzusuchen. Erst mit der 1858 einsetzenden offiziel-



ROBERT MAYER
im Alter von etwa 45 Jahren

len Anerkennung der Leistungen MAYERS gab er seine Zurückgezogenheit teilweise auf, trat wieder mit kleineren Veröffentlichungen hervor und nahm an den Tagungen der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte teil, ohne jedoch seine alte Leistungsfähigkeit wiederzuerlangen. Nach den für ihn schweren Jahren nahm er die Auszeichnungen der wissenschaftlichen Welt mit Freude und Genugtuung entgegen, lebte aber ansonsten vorwiegend für seine Familie.

Am 20. März 1878 starb ROBERT MAYER. In der Erinnerung seiner Freunde lebte er als eine ungewöhnliche Persönlichkeit weiter, die jeden faszinierte, der das Glück hatte, mit ihm zusammenzutreffen. [4; S. 98 bis 100] In die Wissenschaftsgeschichte ging ROBERT MAYER als genialer Denker ein, der mit seinen Leistungen – so ENGELS – wesentlich dazu beigetragen hat, daß die Einheit aller Bewegung in der Natur nicht mehr nur philosophische Behauptung war, sondern als naturwissenschaftliche Tatsache angesehen wurde. [1; S. 468]

Lebensdaten zu ROBERT MAYER

1814	am 25. 11. in Heilbronn geboren
1832 bis 1837	Medizinstudium an der Universität Tübingen
1838	Verteidigung der Dissertation „Das Santonin“ (Über ein Arzneimittel gegen Würmer)
1840 bis 1841	Reise als Schiffsarzt nach Südostasien
1841	Wahl zum Oberamtswundarzt des Bezirks Heilbronn (bis 1845)
1841	Erste (erst 40 Jahre später veröffentlichte) Arbeit MAYERS über das Gesetz der Erhaltung der Energie
1842	Heirat mit WILHELMINE CLOSS (1816 bis 1899)
1847	Wahl zum Stadtarzt von Heilbronn (bis 1873)
1851	Schwere Erkrankung
1852 bis 1853	Längerer Aufenthalt in Nervenheilstätten

1858	Erste offizielle Auszeichnung: Berufung zum Korrespondierenden Mitglied der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel
1859	Dr. h. c. der Philosophischen Fakultät der Universität Tübingen
1870	Korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Paris
1871	Verleihung der Copley-Medaille der Royal Society zu London
1878	20. 3. Tod ROBERT MAYERS

Literaturverzeichnis zu ROBERT MAYER

- [1] Engels, F.: Dialektik der Natur. In: Marx, K., Engels, F.: Werke. Bd. 20, Dietz Verlag, Berlin 1972.
- [2] Mayer, R.: Kleinere Schriften und Briefe von Robert Mayer. Nebst Mitteilungen aus seinem Leben. Hrsg. v. J. Weyrauch, Verlag Cotta, Stuttgart 1893.
- [3] Mayer, R.: Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften. Verlag Cotta, Stuttgart 1867.
- [4] Schütz, W.: Robert Mayer. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler und Techniker. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1969.
- [5] Planck, M.: Das Prinzip der Erhaltung der Energie. 4. Aufl., Verlag B. G. Teubner, Leipzig 1921.
- [6] Schmolz, H./Weckbach, H.: Robert Mayer. Sein Leben und Werk in Dokumenten. Verlag Anton H. Konrad, Weißenborn 1964.
- [7] Stehr, G.: Julius Robert Mayer. In: Von Adam Ries bis Max Planck. Hrsg. v. G. Harig, Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1961.
- [8] Weyrauch, J.: Robert Mayer, der Entdecker des Prinzips von der Erhaltung der Energie. Wittwer's Verlag, Stuttgart 1890.
- [9] Wußing, H.: Der philosophische Kampf um den Energiesatz. In: Naturwissenschaft – Tradition – Fortschritt. Berlin o.J. bzw. Beiheft zu NTM Schriftenreihe Gesch. Naturw., Technik, Med. Bd. 1. (1963).

HERMANN VON HELMHOLTZ (1821 bis 1894)

HERMANN VON HELMHOLTZ tritt uns als der wohl vielseitigste Wissenschaftler der klassischen Periode der Physik in Deutschland entgegen. Gleichzeitig Mediziner und Physiker, fand er Forschungsmöglichkeiten und Lösungen, die Spezialisten nur eines Fachgebietes verschlossen blieben. Aber auch in der Mathematik, in der Meteorologie und in anderen Wissenschaftsbereichen leistete er wertvolle Beiträge. Vorerst sowohl experimentell als auch theoretisch tätig, konzentrierte er sich immer mehr auf die theoretische Physik, die Bereitstellung der experimentellen Ergebnisse seinen Schülern überlassend. Exponierter Vertreter einer der klassischen Physik eigenen mechanistischen Naturanschauung, trug er zur experimentellen und theoretischen Unterwanderung dieser Position bei. Mit seiner Arbeit „Über die Erhaltung der Kraft“ leistete er einen wesentlichen Beitrag zur Durchsetzung des Energieprinzips in der Physik und damit letztlich zu einer dialektischen Naturbetrachtung. Seine Arbeiten zur Hydrodynamik und zur Elektrodynamik verhalfen der MAXWELLSchen Theorie der Elektrodynamik zum Durchbruch.



HERMANN VON HELMHOLTZ
im Jahre 1848

HERMANN VON HELMHOLTZ wurde am 31. 8. 1821 in Potsdam geboren. Sein Vater war Professor am Gymnasium in Potsdam. Er unterrichtete Deutsch und Philosophie, bisweilen auch alte Sprachen und Naturwissenschaften. HELMHOLTZ schildert ihn als einen Mann, der von den Fachgebieten, die er vertrat, begeistert war und sich bemühte, diese Begeisterung auch seinem Sohne zu vermitteln. [1; S. 17] HELMHOLTZ, ein oft kränkliches, lebhaftes Kind, lernte früh lesen und beschäftigte sich gern mit Büchern. Sein schwaches Gedächtnis für logisch unzusammenhängende Dinge ließ ihn in der Schule Fachgebiete mit gesetzmäßigen Zusammenhängen leichter erfassen als andere. Insbesondere beschäftigte er sich frühzeitig mit Geometrie und Physik. Mit einfachsten Mitteln stellte er optische Versuche an.

HELMHOLTZ wollte Physik studieren, als er 1838 das Gymnasium mit einem glänzenden Abitur beendet hatte. Doch die Einkünfte des Vaters reichten nicht aus, um dem Sohn diesen Wunsch zu erfüllen. HELMHOLTZ nahm deswegen ein Studium der Medizin am Königlich-Medizinisch-Chirurgischen Institut in Berlin auf, das Militärärzte ausbildete. Als Gegenleistung für die weitgehend kostenlose Ausbildung mußten sich die Studenten zu einem achtjährigen Militärdienst im Anschluß an das Studium verpflichten. Die Ausbildung erfolgte an der Universität, die praktischen Übungen waren an der Charité zu leisten. Besonders beeinflussten HELMHOLTZ der Physiologe JOHANNES MÜLLER und der Physiker GUSTAV MAGNUS. Durch diese Wissenschaftler wurden seine Forschungen in den kommenden Jahrzehnten entscheidend bestimmt. Im Vordergrund standen Untersuchungen physiologischer Erscheinungen mit physikalischen Methoden. MÜLLER ließ bei den jungen Medizinern – neben HELMHOLTZ gehörten zu diesem Kreis auch DU BOIS-REYMOND, BRÜCKE, LUDWIG und VIRCHOW – die Erkenntnis der Notwendigkeit einer neuen, naturwissenschaftlich betriebenen Physiologie, der konsequenten Ablehnung einer besonderen „Lebenskraft“ heranreifen.

Lange setzte sich HELMHOLTZ mit diesen Fragen auseinander, bis er schließlich verstand, daß die Annahme einer Lebenskraft der Anerkennung eines Perpetuum

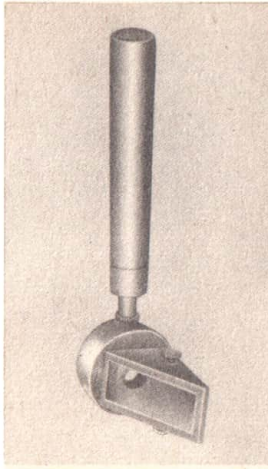
mobile gleichkam. Mit diesem Problem war er bereits durch Diskussionen im Elternhaus vertraut. Weitere Untersuchungen während seines Studiums führten ihn zu der Frage nach den Beziehungen, die zwischen den verschiedenen Naturkräften bestehen müssen, wenn allgemein die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile vorausgesetzt wird. Dieser Fragestellung mußte notwendig eine zweite folgen: Bestehen diese Beziehungen? [1; S. 23] Damit war die Aufgabenstellung für seine erste selbständige wissenschaftliche Arbeit „Über die Erhaltung der Kraft“ gegeben, die er 1847 der 1845 gegründeten Physikalischen Gesellschaft in Berlin vorlegte. [2; Bd. 1, S.12 bis 75]

Von seinen Vorgesetzten wurde HELMHOLTZ wegen seiner Arbeit gelobt: Endlich einmal etwas Nützliches. Man glaubte, es handelte sich um die Erhöhung der Kampfkraft der Armee. Inzwischen hatte HELMHOLTZ nämlich 1842 sein Studium mit einer Promotion abgeschlossen und arbeitete als Militärarzt in Potsdam. Um so erstaunter war er, als physikalische Autoritäten seine Arbeit nicht als etwas allgemein Bekanntes abtaten, sondern die Richtigkeit des Energiesatzes bezweifelten. POGGENDORFF nahm auch diese Arbeit nicht in die „Annalen der Physik und Chemie“ auf.

In Wirklichkeit hatte sich HELMHOLTZ als talentierter mathematischer Physiker vorgestellt, der erstmalig die Umwandlung der Energie in ihre verschiedenen Formen mathematisch erfaßt und somit wesentlichen Anteil daran hatte, daß der Energiesatz im Verlaufe der fünfziger Jahre zum Allgemeingut der wissenschaftlichen Erkenntnis wurde. Voraussetzung seiner Untersuchung war die durch die Praxis bestätigte Annahme der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile. Seine Schlußfolgerungen waren mechanistischer Natur: Nur Zentralkräfte können dem Gesetz der Erhaltung und Umwandlung der Energie entsprechen. Gleichzeitig mußte er jedoch einräumen, daß keine Möglichkeit bestand, elektrodynamische Erscheinungen auf Zentralkräfte zurückzuführen.

HELMHOLTZ benutzte dennoch das Energieprinzip als Ausgangspunkt und als Kriterium für die Bearbeitung dieser elektrodynamischen Probleme. Dabei faßte er diejenigen Prozesse, die JAMES CLERK MAXWELL später durch die Änderungen des Feldes erklärte, mittelbar durch die Energiewandlungen, die der Veränderung des magnetischen Feldes beziehungsweise dem induzierten Strom entsprechen. [2; Bd. 1, S. 62 bis 63] In der Arbeit „Über die Erhaltung der Kraft“ lieferte HELMHOLTZ das wissenschaftliche Programm, das seine weiteren Forschungen auf diesem Gebiete bis in die achtziger Jahre hinein bestimmen sollte. [3]

Zunächst wurde dieses Programm allerdings zurückgedrängt. Seine wissenschaftlichen Arbeiten während der fünfjährigen Militärzeit hatten bewirkt, daß HELMHOLTZ 1848 vorzeitig aus dem Militärdienst entlassen wurde und eine Lehrerstelle für Anatomie an der Kunstakademie in Berlin erhielt. Bereits 1849 wurde er als Professor für Physiologie an die Universität Königsberg berufen. Später folgten Berufungen nach Bonn und nach Heidelberg. Das forderte von ihm eine Konzentration auf physiologische Arbeiten. Hierbei führten ihn Untersuchungen auf dem Gebiet der physiologischen Optik zu seiner wohl populärsten wissenschaftlichen Leistung, zur Erfindung des Augenspiegels im Jahre 1850. [2; Bd. II, S.229] Mit der

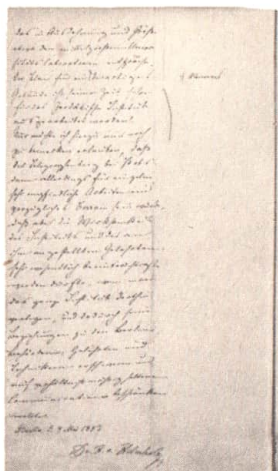


Von HELMHOLTZ
erfundener Augenspiegel

Erfindung des Augenspiegels wurde es möglich, die Augenheilkunde zu einer wissenschaftlichen Disziplin zu entwickeln. Im Jahre 1856 erschien der erste Band seines „Handbuches der physiologischen Optik“. Parallel hierzu arbeitete er jedoch auch in verschiedenen anderen Bereichen der Physiologie und der Physik. Insbesondere sind hier Probleme der physiologischen Wärmeerscheinungen, der Akustik und der Elektrodynamik zu nennen.

Insbesondere die physiologischen Arbeiten führten HELMHOLTZ zu erkenntnistheoretischen Erörterungen. Er gehörte zu den wenigen Naturwissenschaftlern seiner Zeit, die die Philosophie nicht als unfruchtbar für den Naturwissenschaftler ablehnten. Sein Herangehen an diese Probleme entsprach der Position eines naturwissenschaftlichen Materialisten. Er ging von der Objektivität der Naturerscheinungen aus und setzte die Erkennbarkeit ihrer Gesetzmäßigkeiten voraus. Entscheidend waren für HELMHOLTZ die Tatsachen, die untersucht werden mußten. Von besonderem Interesse war für ihn der Prozeß der Abbildung der objektiven Realität auf das Bewußtsein des Menschen. Die von ihm in diesem Zusammenhang ausgearbeitete Zeichentheorie konnte zwar diese Problematik nicht voll erfassen, gibt aber bei näherer Untersuchung auch keinen Raum für eine Annektion seiner Arbeiten durch den Positivismus. In seiner Rede „Die Tatsachen in der Wahrnehmung“ legt HELMHOLTZ 1878 seine Positionen zusammenfassend dar. [4; Bd. II, S. 213 bis 248; 5; S. 247 bis 282; 6; S. 113]

HELMHOLTZ hatte indessen als Physiologe einen ausgezeichneten Ruf gewonnen. Er war es, zusammen mit dem Chemiker BUNSEN und dem Physiker KIRCHHOFF, der die Universität Heidelberg zum Anziehungspunkt für Studenten aus dem In- und Ausland machte. Bei HELMHOLTZ in Heidelberg arbeitete neben anderen auch der russische Physiologe SETSCHENOW. Die Interessen von HELMHOLTZ verlagerten sich jedoch in wachsendem Maße auf physikalische Forschungen. Hervorzuheben sind seine Arbeiten zur Thermodynamik und zur Theorie der Wirbelbewegungen, die ihn wiederum zu der Frage führten, ob wirklich alle physikalischen Erscheinun-



Bericht vom 9. 5. 1883
von HELMHOLTZ über die Verwendbarkeit von Räumen
der neuerbauten Technischen Hochschule in Charlottenburg
für ein physikalisch-mechanisches Institut

gen auf Zentralkräfte rückführbar seien. Diese hydromechanischen Arbeiten hatten auch Bedeutung für die mathematische Beschreibung elektromagnetischer Prozesse. HELMHOLTZ erkannte die Analogie zwischen der Wirbelbewegung in Flüssigkeiten und dem Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters. [7; S. 9] Der Übergang zu intensiver und systematischer Forschung auf dem Gebiete der Elektrodynamik vollzog sich 1869 mit der Arbeit „Über elektrische Oszillationen“. Erweiterte Möglichkeiten ergaben sich 1871 durch die Berufung als Professor der Physik an die Berliner Universität. Mit dem von ihm betriebenen Neubau eines physikalischen Instituts erhielt er eines der zur damaligen Zeit modernsten Laboratorien.

In den ab 1870 erscheinenden Abhandlungen über die Theorie der Elektrodynamik griff er die Fragestellungen von 1847 wiederum auf und stellte sich die Aufgabe, die Richtigkeit der existierenden elektrodynamischen Theorien zu überprüfen. Indessen hatte MAXWELL seine Theorie der Elektrodynamik vorgelegt, deren revolutionierender Inhalt auf dem Kontinent jedoch noch kaum zur Kenntnis genommen worden war. HELMHOLTZ war einer der ersten, der sich damit auseinandersetzte.

Schritt für Schritt arbeitete er nun diejenigen Knotenpunkte heraus, die experimentelle Möglichkeiten der Entscheidung über die Richtigkeit der entsprechenden Theorien versprachen. Dabei konzentrierte er sich mehr und mehr auf die theoretische Bearbeitung der Problematik und überließ die experimentellen Arbeiten seinen Schülern und Mitarbeitern. Auf diese Art erbrachte er die wesentlichen Beweise für die Richtigkeit der MAXWELLSchen Theorie. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang auf die Arbeiten über Dielektrizitätskonstanten, die BOLTZMANN im Laboratorium von HELMHOLTZ begann, auf die Arbeiten der russischen Physiker SCHILLER, SILOW und GOLDHAMMER und des Amerikaners ROWLAND im Labor und unter Anleitung von HELMHOLTZ. Den endgültigen Beweis erbrachte sein Schüler H. HERTZ mit der Entdeckung der elektromagnetischen Wellen. Damit aber war HELMHOLTZ in den achtziger Jahren bis zur Anerkennung der MAXWELLSchen Theo-



Helmholtz-Medaille
der AdW der DDR

rie vorgedrungen und hatte sich selbst den Boden für die Annahme von der alleinigen Existenz von Zentralkräften entzogen.

HELMHOLTZ war kein abstrakter Theoretiker. Er interessierte sich lebhaft für die Möglichkeiten der Anwendung physikalischer Erkenntnisse und verfolgte die entsprechenden Fortschritte insbesondere auf dem Gebiete der Elektrotechnik. Bereits seit den vierziger Jahren stand er in Verbindung mit WERNER VON SIEMENS. Einen aktiven Beitrag leistete er zur Bestimmung international gültiger elektrischer Maßeinheiten. [8] Diese Interessen gipfelten in seiner Arbeit für die Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1887, deren erster Präsident er auf Vorschlag von SIEMENS wurde. In dieser Funktion bewährte er sich auch als Wissenschaftsorganisator. Sein wissenschaftlicher Ruf trug wesentlich zur internationalen Anerkennung dieses insbesondere auf Initiative der elektrotechnischen Industrie gegründeten Forschungsinstituts bei. Seine letzte große Reise im Jahre 1893 galt der Wahrung der wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Interessen Deutschlands auf dem Elekrikerkongreß in Chicago.

HELMHOLTZ war nicht ausgesprochen politisch tätig, aber seine wissenschaftliche Autorität beeinflusste manche wissenschaftspolitischen Entscheidungen. HELMHOLTZ lebte als Bürger des preußisch-deutschen Staates, aber jegliche chauvinistischen Tendenzen waren ihm, dem Humanisten, fremd. Er sah in der Wissenschaft eine völkerverbindende Aufgabe und wollte zum Wohle seines Volkes und darüber hinaus für den Fortschritt der Menschheit arbeiten. [9; S. 88]

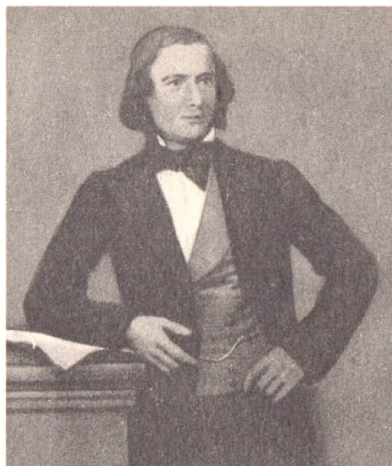
Lebensdaten zu HERMANN VON HELMHOLTZ

1821	am 31. 8. in Potsdam geboren
1830 bis 1838	Besuch des Gymnasiums in Potsdam
1838 bis 1842	Studium am Königlich-Medizinisch-Chirurgischen Friedrich-Wilhelm-Institut in Berlin

1843 bis 1848	Eskadronchirurg und Militärarzt in Potsdam
1847	„Über die Erhaltung der Kraft“
1848 bis 1849	Lehrer für Anatomie an der Kunstakademie in Berlin
1849	Berufung an die Universität Königsberg als Professor für Physiologie
1849	Heirat mit OLGA VON VELTEN (gest. 1859)
1850	Erfindung des Augenspiegels
1855	Berufung an die Universität in Bonn als Professor für Anatomie und Physiologie
1858	Berufung an die Universität in Heidelberg als Professor der Physiologie
1861	Heirat mit ANNA VON MOHL
1870	Berufung zum Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin
1871	Berufung an die Universität in Berlin als Professor für Physik
1881	Teilnahme am ersten internationalen Kongreß der Elektriker in Paris
1882	Erblicher Adel verliehen
1882, 1884	Mitarbeit in der internationalen Kommission zur Festlegung international gültiger elektrischer Maßeinheiten in Paris
1887	Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
1893	Teilnahme am internationalen Kongreß der Elektriker in Chicago
1894	8. 9. Tod von HELMHOLTZ

Literaturverzeichnis zu HERMANN VON HELMHOLTZ

- [1] Hermann von Helmholtz über sich selbst. Rede zu seinem 70. Geburtstag. Hrsg. Goetz, D. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1966.
- [2] Helmholtz, H. v.: Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. 1 bis 3. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1882, 1883, 1895.
- [3] Buchheim, G.: Hermann von Helmholtz und die klassische Elektrodynamik. In: NTM, Leipzig 8 (1971) 1, S. 26 bis 36.
- [4] Helmholtz, Hermann v.: Vorträge und Reden. Bd. 1, 2. Vieweg-Verlag, Braunschweig 1903
- [5] Hermann von Helmholtz. Philosophische Vorträge und Aufsätze. Hrsg. Hörz, H./Wollgast, S. Akademie-Verlag, Berlin 1971.
- [6] Hörz, H.: Hermann von Helmholtz. In: Von Liebig zu Laue. Ethos und Weltbild deutscher Naturforscher und Ärzte. Hrsg. Finger, Herneck, Friedrich. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963, S. 111 bis 134.
- [7] Schreier, W.: Physiologe, Physiker, Wissenschaftsorganisator. Zum 150. Geburtstag Hermann von Helmholtz'. In: „Wissenschaft und Fortschritt“ Berlin 21 (1971), 9, S. 417 bis 420.
- [8] Buchheim, G.: Die Entwicklung des elektrischen Meßwesens und die Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. In: NTM, Leipzig 14 (1977) 1, S. 16 bis 32.
- [9] Harig, G.: Hermann von Helmholtz (1821 bis 1894). In: Von Adam Ries bis Max Planck. 25 große deutsche Mathematiker und Naturwissenschaftler. Hrsg. Harig, G. Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1961, S. 84 bis 88.
- [10] Königsberger, L.: Hermann von Helmholtz. Bd. 1 bis 3. Vieweg-Verlag, Braunschweig 1903.
- [11] Herneck, F.: Hermann von Helmholtz. In: Abenteuer der Erkenntnis. Fünf Naturforscher aus drei Epochen. Buchverlag Der Morgen, Berlin 1973, S. 85 bis 116.



GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF

GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF (1824 bis 1887)

GUSTAV KIRCHHOFF, allgemein bekannt durch seine Verzweigungsgesetze über den Stromkreis, leistete Grundlegendes in der mathematisch-theoretischen Behandlung physikalischer Probleme u. a. der Thermodynamik, Elektrizität, Elastizität und Lichtausbreitung. Gemeinsam mit ROBERT BUNSEN (1811 bis 1899) gilt er als Begründer der Spektralanalyse.

GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF wurde am 12. März 1824 in Königsberg geboren. Er war der jüngste von drei Brüdern. Im Gegensatz zu dem ernsten Wesen des Vaters erinnerte er sich der Mutter als einer lebhaften, geistig sehr regen Frau. Die Familie hatte eine besondere Vorliebe für das Theater, und mit großer Freude führte man auch selbst Schauspiele auf.

Die Brüder besuchten das Kneiphofsche Gymnasium in Königsberg. 1842 legte KIRCHHOFF dort sein Abitur ab. Zwar waren Sprachen nicht seine Stärke, aber insgesamt fielen die Prüfungen sehr gut aus, und im Abgangszeugnis war bereits als Studienwunsch „Mathematik“ vermerkt.

Noch im selben Jahr nahm KIRCHHOFF (anfangs wegen seiner Kleinheit vielfach gar nicht als Student „für voll genommen“) ein Mathematikstudium an der Universität seiner Heimatstadt auf. Daß sich KIRCHHOFF aber des weiteren mit Physik befaßte, ist vor allem FRANZ ERNST NEUMANN zu danken, der 1835 in Königsberg das erste Seminar für theoretische Physik eingerichtet hatte.

NEUMANN stellte KIRCHHOFF 1845 die Aufgabe, „den Durchgang eines elektrischen Stromes durch eine Ebene, insbesondere durch eine kreisförmige“ zu berechnen. Mit dieser Arbeit errang KIRCHHOFF den doppelten Preis der Fakultät, und sie wurde für wert gehalten, in „Poggendorffs Annalen“ Bd. 64 (1845) zu erscheinen. Sie enthielt auf der Grundlage der von OHM gemachten Aussagen über den Stromkreis die später als Kirchhoffsche Regeln bezeichneten Verzweigungs- und Maschenregel. Wenn auch insbesondere der zweite dieser Sätze ziemlich deutlich be-

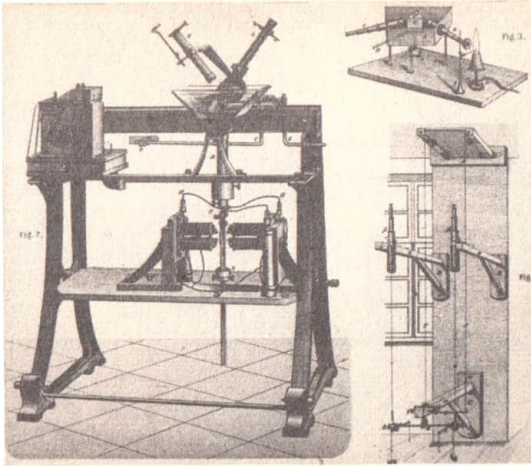


reits bei OHM selbst ausgedrückt ist, so kommt doch KIRCHHOFF das Verdienst der expliziten, allgemeingültigen Formulierung zu. Der Wert dieser Arbeit wurde sofort allgemein anerkannt; für die Elektrotechnik wurde sie von fundamentaler Bedeutung (insbesondere als EDISON 1878 begann, sein Glühlampen-Beleuchtungssystem auszuarbeiten und zu berechnen). So wurde der junge Student beispielsweise von der gerade gegründeten Berliner Physikalischen Gesellschaft zum auswärtigen Mitglied ernannt.

Die Arbeit diente ihm auch als Grundlage für seine Dissertation, deren Fertigstellung sich jedoch, offenbar aus Krankheitsgründen, noch bis zum Sommer 1846 hinzog. Die Fakultät hatte für KIRCHHOFF ein Stipendium beantragt zur Weiterbildung in Paris. Um sich darauf vorzubereiten, ging er im Oktober 1846 für ein halbes Jahr nach Berlin. Die Wirtschaftskrise von 1847 und die politische Gesamtsituation (die französische Februarrevolution von 1848 warf bereits ihre Schatten voraus) bewogen ihn jedoch, das Stipendium für Berlin zu nutzen.

In Berlin hatte KIRCHHOFF Gelegenheit, im Laboratorium von MAGNUS, der das erste physikalische Universitätsforschungsinstitut Deutschlands begründet hatte, zu arbeiten und Vorlesungen bei JACOBI zu hören. Auch die Diskussionen in der Berliner Physikalischen Gesellschaft waren für ihn sehr anregend. Seine Habilitationsschrift von 1848 befaßte sich mit weiteren Schlußfolgerungen aus dem Ohmschen Gesetz. Seine mathematische Behandlung elektrischer Ströme in Leitern führte ihn auch zur theoretischen Verbindung von Elektrostatik und strömender Elektrizität. KIRCHHOFF hat es immer verstanden „...solche Probleme der mathematischen Physik herauszugreifen, welche sowohl der vollständig analytischen Durchführung zugänglich waren, als auch erhebliches Interesse als Grundlage wichtiger Meßmethoden besitzen“. [9; S. 5].

Im Jahre 1850 nahm KIRCHHOFF eine außerordentliche Professur für Experimentalphysik an der Universität Breslau (heute Wrocław) an. Zwar wäre ihm ein Ruf für mathematische Physik lieber gewesen, aber offiziell gab es solche Stellen da-



mals in Deutschland noch nicht, und er erkannte, daß er die Chance nutzen müßte, wenn er die Hochschullehrerlaufbahn einschlagen wollte. Sein Breslauer Aufenthalt gestaltete sich für ihn angenehmer, als 1851 BUNSEN als Ordinarius für Chemie dorthin berufen wurde. KIRCHHOFF, für den es stets ein Bedürfnis war, sich mit Kollegen und gleichgesinnten Menschen gedanklich auszutauschen, fand in BUNSEN einen idealen Diskussionspartner.

Leider wurde BUNSEN bereits anderthalb Jahre später nach Heidelberg berufen, aber 1854 holte er KIRCHHOFF ebenfalls dorthin. KIRCHHOFF war von der Schönheit der alten Universitätsstadt sehr angetan und fühlte sich im dortigen Kollegenkreise sehr wohl.

Bei einem Ferienaufenthalt in seiner Heimatstadt lernte er 1856 die Tochter seines ehemaligen Lehrers RICHELLOT kennen, die er ein Jahr später heiratete. Er verlebte mit ihr sehr glückliche Jahre; sie hatten miteinander vier Kinder. Die Familie KIRCHHOFF war in der Heidelberger Gesellschaft gern gesehen; der alten Theaterleidenschaft wurde in Lesungen mit verteilten Rollen gefrönt. KIRCHHOFFS „frühere Frau“ – wie man BUNSEN scherzhaft nannte – war engster Hausfreund der Familie.

KIRCHHOFF hielt regelmäßig eine sechsstündige Vorlesung über Experimentalphysik sowie im Wintersemester eine dreistündige über „Theoretische Physik“ (im wesentlichen Mechanik), die er später durch theoretische Spezialvorlesungen ergänzte. Sein Wirken zog Schüler aus allen Ländern an, darunter QUINCKE und KAMERLINGH-ONNES. Da KIRCHHOFF stets befürchtete, in seinen Reden durcheinanderzukommen, arbeitete er seine Vorlesungen sehr genau aus, was zwar dazu führte, daß sie etwas „trocken und eintönig“ wirkten, wie sich PLANCK erinnerte, aber generell doch wegen ihrer Ausgewogenheit und ruhigen, durchdachten Darstellung bestachen. Zu seinem Erfolg trug auch die Liebenswürdigkeit nicht wenig bei, „... mit der er jederzeit bereit war, seinen Schülern persönlich Aufklärung und Rat zu erteilen“. [9; S. 7]



Physikalisches
Institut
der
Universität
Berlin

In der Forschung befaßte sich KIRCHHOFF in Heidelberg zunächst wieder mit der Elektrizität. Hier erarbeitete er wesentliche Beiträge zur Theorie schnell veränderlicher elektrischer Zustände in dünnen Drähten (1857) und bei der Entladung einer Leidener Flasche (1864), in denen er erstmals die Ausbreitung elektrischer Wellen längs Drähten mit Lichtgeschwindigkeit theoretisch antizipierte und die wichtige Vorarbeiten für die Entdeckung der elektromagnetischen Wellen (→ Faraday → H. Hertz) waren.

Des weiteren begann sich KIRCHHOFF mit Problemen der mechanischen Wärmetheorie zu befassen. Vor allem ihre Anwendung auf physikalisch-chemische Prozesse, wie Gasabsorption oder Auflösen eines Salzes in Flüssigkeit, interessierten ihn – vermutlich angeregt durch die Zusammenarbeit mit BUNSEN. BUNSEN war seit längerem damit befaßt, die verschiedenen Flammenfärbungen zur Identifikation chemischer Elemente auszuwerten; dies war eine seit längerem von den Chemikern benutzte Methode. Um eine bessere Unterscheidung vornehmen zu können, empfahl ihm KIRCHHOFF, das Licht spektral zu zerlegen. Bei gemeinsamen Versuchen mit einem selbstgebaute[n] Spektroskop beobachteten sie, daß die gelben Linien des Natriums mit den von FRAUNHOFER im Sonnenspektrum gefundenen dunklen D-Linien zusammenfielen, und daß sie sich bei gleichzeitiger Beobachtung der natriumgefärbten Flamme und des Sonnenlichtes nicht aufhellten, sondern dunkler wurden. KIRCHHOFF vermutete eine Analogie zur akustischen Resonanz und leitete 1859 auf dieser Grundlage sein bekanntes Strahlungsgesetz her: „... daß für Strahlen derselben Wellenlänge bei derselben Temperatur das Verhältnis des Emissionsvermögens zum Absorptionsvermögen bei allen Körpern dasselbe ist.“ (vgl. [4; S. 567] oder [10; S. 131]) In diesem Zusammenhang führte er auch den für die Theorie der Wärmestrahlung so fruchtbaren Begriff des „schwarzen Körpers“ ein.

Aus der Analyse des Sonnenspektrums zog KIRCHHOFF den Schluß, daß die Sonne eine sehr heiße, vermutlich sogar flüssige Kugel sei, was bisherigen astrophysikalischen Vorstellungen durchaus widersprach. – Erwähnt sei noch, daß sich

GESAMMELTE
ABHANDLUNGEN

Titelblatt
der „Gesammelten Abhandlungen“
von KIRCHHOFF

VIII

G. KIRCHHOFF.

MIT PORTRAIT UND ZWEI LITHOGRAPHIRTES TAFELN.



LEIPZIG,
JOHANN AMBROSIUS BARTH.
1882.

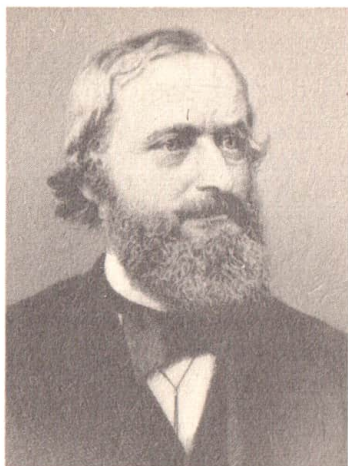
KIRCHHOFF in dieser Zeit auch mit der Elastizitätstheorie beschäftigte und Messungen zur Poissonschen Zahl vornahm.

1862 unternahm KIRCHHOFF gemeinsam mit BUNSEN eine längere Englandreise. Die Berliner Akademie der Wissenschaften hatte ihn 1861 zum korrespondierenden und 1870 zum auswärtigen Mitglied gewählt, 1862 war er Mitglied der Petersburger Akademie geworden – um nur einige Ehrungen zu nennen.

Durch einen Sturz von der Treppe zog sich KIRCHHOFF 1868 eine Fußverletzung zu, die ihn mehrere Jahre zwang, an Krücken zu gehen. Sein Pflichtgefühl ließ ihn jedoch keine Vorlesung ausfallen, ebensowenig, als ein Jahr später seine geliebte Frau starb. Seine Schaffenskrise konnte er anfangs nur schwer überwinden; aber seine 1872 geschlossene Ehe mit der Oberin einer Augenklinik ließ ihn wieder aufleben und brachte ihm erneut glückliche Jahre.

Mehrfach versuchte die Berliner Fakultät, KIRCHHOFF an die hauptstädtische Universität zu berufen. Erstmals geschah dieses nach MAGNUS' Tod im Jahre 1870. Die Fakultät hatte dem zuständigen Unterrichtsministerium HELMHOLTZ oder KIRCHHOFF vorgeschlagen, zog aber KIRCHHOFF vor, da sie ihn als besseren Lehrer schätzte (vgl. [2; S. 64]). KIRCHHOFF wollte jedoch die anregende Heidelberger Atmosphäre mit ihren günstigen Arbeitsbedingungen nicht missen, und so trat HELMHOLTZ die Stelle an. Jener versuchte nun seinerseits, den Freund für Berlin zu gewinnen. 1874 lehnte KIRCHHOFF trotz günstiger Bedingungen noch einmal ab, aber da sich der Heidelberger Kollegenkreis nun immer mehr zerstreute, nahm er Ende 1874 doch an – nun für einen neu zu gründenden Lehrstuhl für mathematische Physik an der Berliner Universität. Am 1. April 1875 siedelte er nach Berlin über.

Zunächst widmete er sich in Berlin der Herausgabe seiner Vorlesungen, jedoch stellte er selbst 1876 nur den ersten Band „Mechanik“ fertig. Das Werk war wegen seiner Klarheit und mathematisch eleganten Darstellungsweise schnell vergriffen; bereits ein Jahr später folgte eine Nachauflage. – In Berlin waren KIRCHHOFFS berühmteste Schüler PLANCK und H. HERTZ.



GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF

KIRCHHOFF ist nicht nur als einer der ersten bedeutenden theoretischen Physiker Deutschlands anzusehen. Zugleich erkannte er stets die volle Bedeutung einer fruchtbaren Wechselwirkung zwischen experimenteller und theoretischer Physik, die er zur eigentlichen Grundlage seiner Forschungsmethode machte, und sah auch die Notwendigkeit, praktische Aufgaben zu lösen. 1877 hatte er einen wichtigen Beitrag zur Theorie der Elektrizitätsausbreitung bei unterseeischen und unterirdischen Telegrafendrähten erbracht. 1881 nahm er am internationalen Kongreß der Elektriker in Paris teil.

Experimentell arbeitete KIRCHHOFF in Berlin meist im Privatlabor eines Freundes. Dort führte er um 1881 u. a. mehrere Untersuchungen zur Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle durch und bestätigte z. B. das Wiedemann-Franzsche Gesetz.

In seinen erkenntnistheoretischen Auffassungen zählt KIRCHHOFF zu den Mechanisten, aber nicht, wie bürgerliche Philosophen häufig meinen, im Sinne eines übersteigerten Positivismus, sondern man muß ihn im Sinne LENINS zu den spontanen Materialisten rechnen. Zwar vertrat er noch in den sechziger Jahren die Vorstellung, alle Naturerscheinungen auf Mechanik zurückführen zu müssen, doch schränkte er dies im Vorwort zu seinem Mechanik-Lehrbuch von 1876 stark ein. Daß er sich von den mechanistischen Vorstellungen nicht vollständig lösen konnte, ist nicht zuletzt dem naturwissenschaftlichen Entwicklungsstand und seinem eigenen spezifischen Beitrag anzulasten.

Damit hängt auch zusammen, daß er sich molekulartheoretischen Betrachtungen nicht anschließen konnte, sondern die Materie stets als Kontinuum behandelte – ohne allerdings eine mögliche molekulare Konstitution auszuschließen.

Ab 1885 verschlechterte sich KIRCHHOFFS Gesundheitszustand rapide, so daß er sogar zeitweilig seine Vorlesungstätigkeit aufgeben mußte. Vermutet wurde ein Gehirntumor. Äußerlich versuchte er sich jedoch nichts anmerken zu lassen, erschien stets heiter und liebenswürdig. So wirkte auf viele sein Tod am 17. Oktober 1887 doch unerwartet.

Lebensdaten zu GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF

1824	am 12. März in Königsberg geboren
1842	Beginn eines Mathematikstudiums in Königsberg
1846	Promotion in Königsberg. Die Arbeit enthält die „Kirchhoffschen Gesetze“
1848	Habilitation in Berlin
1850	a. o. Professor für Experimentalphysik in Breslau
1854	Ordinarius für Physik in Heidelberg
1859	Kirchhoffsches Absorptionsgesetz, Begriff des „schwarzen Körpers“
1860	gemeinsame Arbeit von Bunsen und Kirchhoff zur Spektralanalyse
1875	Berufung nach Berlin als Extraordinarius für mathematische Physik
1887	am 17. Oktober in Berlin gestorben

Literaturverzeichnis zu GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF

- [1] Boltzmann, L.: Gustav Robert Kirchhoff. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1888.
- [2] Danzer, K.: Robert W. Bunsen und Gustav Kirchhoff, die Begründer der Spektralanalyse. Reihe: Biographien hervorragender Naturwissenschaftler und Techniker. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1972.
- [3] Kedrow, B. M.: Spektralanalyse. Taschenbuchreihe Unser Weltbild, Bd. 25, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1961.
- [4] Kirchhoff, G.: Gesammelte Abhandlungen. Verlag von J. A. Barth, Leipzig 1882.
- [5] Kirchhoff, G.: Vorlesungen über mathematische Physik. 4 Bände (Bd. 2 hrsg. von K. Hensel, Bd. 3 und 4 hrsg. v. M. Planck). Verlag von J. A. Barth, Leipzig 1876 bis 1894.
- [6] Kirchhoff, G.: Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie. Hrsg. von M. Planck. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 101, Verlag von W. Engelmann, Leipzig 1898.
- [7] Kirchhoff, G.: Abhandlungen über Emission und Absorption (1859–1862). Hrsg. von M. Planck. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 100, Verlag von W. Engelmann, Leipzig 1898.
- [8] Kirchhoff G. und R. Bunsen: Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen (1860). Hrsg. von W. Ostwald. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 72, Verlag von W. Engelmann, Leipzig 1895.
- [9] Pockels, F.: Gustav Robert Kirchhoff. Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg 1903.
- [10] Schöpf, H.-G.: Von Kirchhoff bis Planck; Theorie der Wärmestrahlung in historisch-kritischer Darstellung. WTB Bd. 193. Akademie-Verlag Berlin 1978.
- [11] Schreier, W.: Gustav Robert Kirchhoff. In: „Physik in der Schule“ (Berlin) 12 (1974) 4, S. 145 bis 149.
- [12] Stepanow, B. I.: Otscherki po istorii optitscheskoj nauki. Isd. Nauka i tehnika, Minsk 1978 (darin über Kirchhoff S. 38 bis 50).
- [13] Warburg, E.: Zur Erinnerung an Gustav Kirchhoff. In: „Die Naturwissenschaften“ (Berlin) 13 (1925) 11, S. 205 bis 212.



K. E. ZIOLKOWSKI
im Alter von 54 Jahren

KONSTANTIN EDUARDOWITSCH ZIOLKOWSKI (1857 bis 1935)

ZIOLKOWSKI ist als Pionier der Raumfahrt in die Wissenschafts- und Technikgeschichte eingegangen. Mit seinen Beiträgen zur Entwicklung der Kosmonautik und ihrer wissenschaftlichen Grundlagen tat er erste Schritte zur Bezwingung des Welt- raums, die in ihren Grundtendenzen weit in die Zukunft wiesen. Seine Überzeugung von der baldigen Realisierbarkeit der sich eröffnenden Perspektiven wurde bestätigt, als 1957 – 100 Jahre nach der Geburt ZIOLKOWSKIS – die eigentliche Geschichte der Raumfahrt begann.

ZIOLKOWSKI wurde am 17. September 1857 in Ishewskoe, Gouvernement Rjasan des damaligen Rußland, geboren. Sein Vater war Förster. Zu seinen Freizeitbeschäftigungen gehörten Naturwissenschaften und handwerkliche Arbeiten. Diese Neigungen sollten auch den Lebensweg seines Sohnes wesentlich bestimmen. Nach dem Umzug der Familie nach Wjatka, Gouvernement Kaluga, besuchte ZIOLKOWSKI von 1869 bis 1873 das dortige Gymnasium. Seine Schwerhörigkeit – Folge einer Scharlacherkrankung – erschwerte ihm jedoch den Schulbesuch außerordentlich, isolierte ihn von seinen Altersgefährten. Ausgeschlossen vom gemeinsamen Spiel der Kinder, vertiefte er sich in die Bücher seines Vaters. Besonders interessierte ihn die Physik. Bereits als Schüler verfolgte er aufmerksam die Entwicklung der Ballonfahrt, deren weiteres Schicksal vor allem von der Möglichkeit des Baues lenkbarer Luftschiffe abhing. Schon in jungen Jahren versuchte er, naturwissenschaftliche Erkenntnisse praktisch anzuwenden. Konstruktionsversuche und Modellbau wurden zum untrennbaren Bestandteil seiner Beschäftigung mit den Naturwissenschaften. Er baute Funktionsmodelle von Dampfmaschinen, Mühlen, Pumpen und verschiedenen anderen Maschinen. Autodidakt auf dem Gebiete der Naturwissenschaften, lernte er selten systematisch. Er las, was er zur Lösung einer Aufgabe gerade zu benötigen glaubte. Intensität und Ausdauer des Sohnes beim Studium veranlaßten den Vater, den Sechzehnjährigen trotz der damit verbunde-

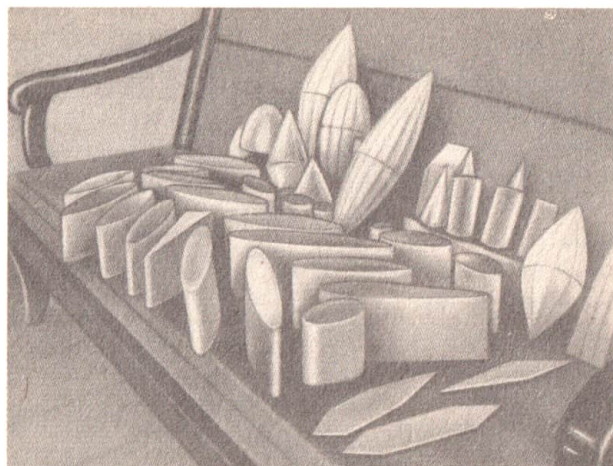
nen materiellen Belastungen zu einem Studienaufenthalt nach Moskau zu schicken. Zwei Jahre lang erhungerte sich ZIOLKOWSKI in Moskau im wahrsten Sinne des Wortes die Möglichkeit, in einer Bibliothek arbeiten zu können. Verbissen nutzte er jede Stunde zum Studium der Physik und Mathematik. Die wenigen Rubel, die ihm sein Vater monatlich schicken konnte, verwendete er zum größten Teil für Experimente. In Moskau wurde ZIOLKOWSKI auch mit den geistigen Auseinandersetzungen bekannt, die durch das Auftreten der revolutionären Demokraten wesentlich mitbestimmt worden waren.

Nach Hause zurückgekehrt, legte ZIOLKOWSKI 1873 extern die Lehramtsprüfung für Volksschullehrer ab. 1880 erhielt er eine Lehrerstelle in Borowsk, Gouvernement Kaluga. In den darauffolgenden Jahren begann seine eigentliche wissenschaftliche Tätigkeit. Er hatte sich indessen weitgehend auf das Flugwesen und die Raumfahrt konzentriert. Vorerst mußte er allerdings die Erfahrung machen, daß er – von der wissenschaftlichen Welt weitgehend isoliert – zu Ergebnissen kam, die den Gelehrten nicht mehr neu waren. ZIOLKOWSKI erinnerte sich später, daß er anfangs zu bereits lange bekannten Ergebnissen gekommen war, danach zu erst seit kurzem bekannten, dann aber völlig neue Resultate vorlegen konnte.

Die erste Arbeit ZIOLKOWSKIS zu Problemen der Raumfahrt „Der schwerelose Raum“ stammte aus dem Jahre 1883. In diesem Manuskript versuchte er, die Probleme zu erfassen, mit denen der Mensch im kosmischen Raum konfrontiert werden würde. Er erkannte, daß Raumschiffe mit Raketenantrieben ausgerüstet werden müssen. Eine Prinzipskizze verdeutlichte seine Vorstellung von der Konstruktion eines interplanetaren Raumschiffes. Ihrem Charakter nach steht diese Arbeit wissenschaftlich-utopischen Darstellungen noch sehr nahe. Aber für ZIOLKOWSKI war Phantasie Voraussetzung für exakte wissenschaftliche Untersuchungen. Sie ermöglichte ihm, die eigentliche Problematik klar zu erfassen. Noch im hohen Alter bekannte sich ZIOLKOWSKI zu diesem Arbeitsprinzip. Es eröffnete ihm einen Zugang zur komplexen Behandlung der Problematik zu einer Zeit, da andere Wissenschaftler neben und nach ihm sich noch mit der Erörterung einzelner Problemkreise der Konstruktion und der aerodynamischen Bedingungen des Fluges begnügten.

So ist es auch nicht verwunderlich, daß einige wissenschaftlich utopische Erzählungen zu den Arbeiten ZIOLKOWSKIS gehören. Sie machen zwar einen relativ kleinen Teil seiner Arbeiten aus, spielten jedoch eine bedeutende Rolle in seinen Forschungen.

In diesen Erzählungen nahm ZIOLKOWSKI bemannte kosmische Flüge vorweg, überzeugt von der Möglichkeit des Lebens im schwerelosen Raum. Ausgehend von den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen seiner Zeit, versuchte er die neuartigen Problemkreise zu umreißen, mit denen sich die Forscher auseinanderzusetzen haben würden. Verständlicherweise standen dabei neben richtigen Voraussagen auch durch den damaligen Erkenntnisstand bedingte Irrtümer. Bisweilen vermochte er auch nicht, sich mit den bereits durch sichere Erkenntnisse abgesteckten Räumen zu begnügen und ließ seiner Phantasie freien Lauf. Die erste seiner eigentlich wissenschaftlich-utopischen Erzählungen entstand 1893: „Auf dem Mond“. Im Traum



Profile,
die Ziolkowski
im Windkanal
untersucht hat

erkundet ein junger Mann zusammen mit seinem Freund erstmalig den Mond. Er erlebt mannigfaltige Abenteuer und erwacht, als er im Begriff ist, in der kalten Mondnacht zu erfrieren. In diesen Erzählungen werden Probleme der Fortbewegung im schwerelosen Raum, der Raumschiffkonstruktionen, der Lebensbedingungen im Kosmos, der möglichen Anpassung des menschlichen Organismus an die Bedingungen der Schwerelosigkeit und ähnliche Probleme erörtert. Auch die Bekleidung der zukünftigen Kosmonauten wird nicht vergessen.

Seine wissenschaftlichen Untersuchungen waren aber ganz und gar nicht phantastisch. Sie trugen – auf die Entwicklung der Luftfahrt orientiert – eindeutig die Züge angewandter Forschung. Ausgehend von den Grundlagen der Mechanik, bemühte er sich, die Aerodynamik in ihrer Anwendung auf das Flugwesen weiterzuentwickeln, um seinen Konstruktionen eine wissenschaftliche Grundlage zu geben. Den realen technischen Möglichkeiten folgend, beschäftigte er sich mit den Problemen von lenkbaren Ganzmetall-Luftschiffen, von Flugzeugen und schließlich von Raumschiffen. Ziolkowski berechnete wesentliche Parameter seiner Konstruktionsvorschläge. Sein Projekt eines lenkbaren Ganzmetall-Luftschiffes enthielt zum Beispiel Konstruktionen, die mittels Seilringen das Volumen nach Bedarf verändern konnten, sowie die entsprechenden Berechnungen für diese Volumen- und Formenänderungen als wesentliche Voraussetzungen für die Sicherheit des Luftschiffes.

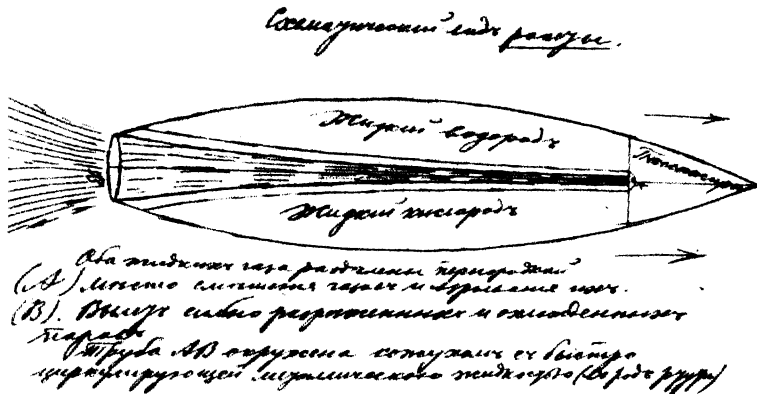
Ziolkowski begnügte sich allerdings nicht nur mit theoretischen Arbeiten zur Aerodynamik unter dem Gesichtspunkt praktischer Anwendbarkeit. Er bemühte sich gleichermaßen um die experimentelle Bestätigung der errechneten Ergebnisse sowie um die Bestimmung technischer Parameter durch Modellversuche. Dabei mußte er sich mit einfachsten Mitteln begnügen. Zwar hatten sich mit seiner Versetzung nach Kaluga im Jahre 1892 seine Arbeitsmöglichkeiten etwas verbessert, aber seine Mittel langten nicht aus, um die nötige Experimentiertechnik zu erwerben. Da er anfangs keinen Windkanal hatte, experimentierte er bei starkem Wind

auf dem Dach. Ein Antrag bei der Russischen Physikalischen Gesellschaft auf Unterstützung von 200 Rubel zum Bau eines Windkanals wurde abgelehnt. Obwohl seine Arbeiten bei einigen Wissenschaftlern wie N. E. SHUKOWSKI und A. G. STOLETOW durchaus Anerkennung gefunden hatten, galt er doch für die Mehrheit der Wissenschaftler als Sonderling und Außenseiter, der fern vom wissenschaftlichen Leben seinen persönlichen Ambitionen nachhing. Von seiten der russischen Militärbehörden wurden große Summen für die Realisierung eines ausländischen, wenig ausgereiften Projekts zum Bau eines Ganzmetall-Luftschiffes zur Verfügung gestellt, die kein Ergebnis brachten. ZIOLKOWSKIS Konstruktionen wurden dagegen nicht zur Kenntnis genommen. Er mußte sich schließlich mit primitivsten Mitteln seinen Windkanal selbst bauen. Auch einfache Geräte zur Messung des Luftwiderstands konstruierte und baute er selbst. Erst im Jahre 1900 erhielt er von der Akademie der Wissenschaften in Petersburg eine einmalige finanzielle Unterstützung von 470 Rubel, die es ihm ermöglichte, einen leistungsfähigen Windkanal zu installieren.

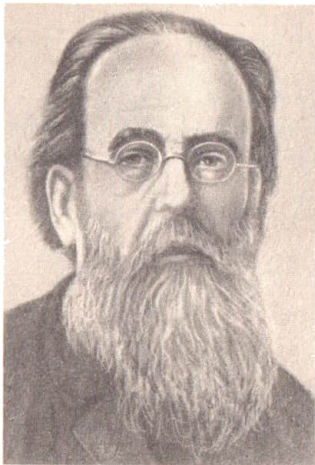
Diese experimentellen Hilfsmittel wurden für seine Arbeit unentbehrlich, als er 1891 begann, sich auch mit Fragen des „Fluges mit Hilfe von Flügeln“ zu beschäftigen. Ausgehend vom Segelflug der Vögel, entwickelte er sein Modell. Es glich einem im Gleitflug verharrenden Vogel. Zwei gegenläufige Luftschrauben und ein Benzinmotor bildeten den Antrieb. ZIOLKOWSKIS Modell erreichte bereits eine weitgehende Annäherung an die Stromlinienform. Bei den dafür notwendigen Untersuchungen des Luftwiderstands verwies er auch auf die Abhängigkeit des Widerstands von der Flügelstreckung des Flugzeugs. 1894 legte ZIOLKOWSKI eine Theorie des Flugzeugs in der Veröffentlichung „Der Aeroplan oder die vogelähnliche Flugmaschine“ dar. Sie war zur damaligen Zeit in ihrer Komplexität beispielgebend. Aerodynamische Eigenschaften und Konstruktion seines Flugzeugs entsprachen bereits Maschinen, wie sie erst Jahrzehnte später gebaut werden konnten.

ZIOLKOWSKI fand für seine Arbeiten nur wenige Veröffentlichungsmöglichkeiten. Zum Teil mußte er den Druck selbst finanzieren. Der größte Teil seiner Arbeiten erschien erst nach 1917.

Das galt auch für seine Arbeiten über Raketentriebwerke und die Raumfahrt, die ab 1896 entstanden. Ausgehend von der Frage nach Möglichkeiten der Luftfahrt im luftleeren Raum, begann er mit theoretischen Erörterungen zur Anwendung des Rückstoßprinzips für den Weltraumflug. Sein Beitrag zur Theorie des Fluges von Flüssigkeitsraketen eröffnete ein neues Gebiet der theoretischen Mechanik. Im Zentrum standen Forschungen zur Bewegung von Körpern mit veränderlichen Massen. ZIOLKOWSKI bestimmte die nötige Brennstoffmenge, die gebraucht wurde, um eine Rakete mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 0$ auf die Geschwindigkeit v_1 zu beschleunigen und danach durch Bremswirkung wieder in die Ausgangssituation v_0 zurückkehren zu lassen. Ausgehend von den Bedingungen des leeren Raumes, bezog er später Schritt für Schritt auch den Luftwiderstand der Atmosphäre in seine Erörterungen ein. Er beschäftigte sich mit der Bestimmung der Treibstoffmenge, die zur Überwindung der Erdatmosphäre notwendig sein würde. In diesem Zusammenhang formulierte er das Problem optimierter Bedingungen für eine senk-



recht startende Rakete: bei zu langsamer Verbrennung würde sich die Rakete nicht abheben, bei zu großer Geschwindigkeit wäre die Überbelastung zu groß. In seine Berechnungen bezog ZIOLKOWSKI interplanetare Flüge und die Rückkehr der Flugkörper zur Erde ein. In seinen Arbeiten zur Raketendynamik bestimmte er auch den Wirkungsgrad von Raketen. Darauf basierend, verwies er auf die Effektivität von Raketentriebwerken in Bereichen hoher Geschwindigkeiten.



ZIOLKOWSKI
im Alter von 76 Jahren

Entscheidend für ZIOLKOWSKI war, daß er sich nicht mehr allein wußte. Mit neuem Elan arbeitete er für eine neue Gesellschaft. 450 Arbeiten schrieb er nach 1917, 130 waren es bis zur Oktoberrevolution (von diesen hatte er allerdings wiederum nur 50 veröffentlichen können). Er stand in wissenschaftlicher Verbindung zu heute bekannten Wissenschaftlern und Technikern der ihm nachfolgenden Generation auf dem Gebiete des Flugwesens und der Raumfahrt, die ZIOLKOWSKIS Traum vom Weltraumflug verwirklichen sollten. Verwiesen sei in diesem Zusammenhange nur auf seinen Briefwechsel mit dem Raketentechniker ZANDER.

Am 14. 9. 1935 überreichte K. E. ZIOLKOWSKI in einem Brief an den Generalsekretär der KPdSU (B) sein Gesamtwerk der Sowjetmacht. Am 19. 9. 1935 verstarb der Gelehrte. Auf dem Grabmal in Kaluga stehen seine Worte: „Nicht ewig bleibt die Menschheit auf der Erde.“ Wenige Schritte davon entfernt befindet sich heute das Museum für Kosmonautik der UdSSR. In diesem Museum und in dem als Museum gestalteten Wohnhaus ZIOLKOWSKIS sind die Kosmonauten unserer Tage oft gesehene Gäste.

Lebensdaten zu KONSTANTIN EDUARDOWITSCH ZIOLKOWSKI

1857	am 17. 9. in Ishewskoe geboren
1873 bis 1876	Studienaufenthalt in Moskau
1879	Lehramtsprüfung
1880	Lehrer in Borowski
1891	Erste Veröffentlichung: Der Druck einer Flüssigkeit auf eine sich in ihr gleichförmig bewegende Platte
1892	Broschüre: Das lenkbare Metall-Luftschiff
1898	Übersiedlung nach Kaluga
1903	Veröffentlichung: Die Erforschung des Weltraumes durch Raketen
1918	Mitarbeit an der Proletarischen Universität in Kaluga

1921	Verabschiedung aus dem Schuldienst
1921	Der Rat der Volkskommissare der RSFSR beschließt die Gewährung einer Ehrenrente für ZIOLKOWSKI
1923	Beginn des Schriftwechsels mit F. A. ZANDER
1924	Wahl zum Ehrenprofessor der Shukowski-Akademie der Luftstreitkräfte
1935	Wahl zum Ehrenmitglied des Technischen Rates im Forschungsinstitut für Raketentechnik
1935	14. 9. Brief an das ZK der KPdSU (B)
1935	19. 9. Tod K. E. ZIOLKOWSKIS

Literaturverzeichnis zu KONSTANTIN EDUARDOWITSCH ZIOLKOWSKI

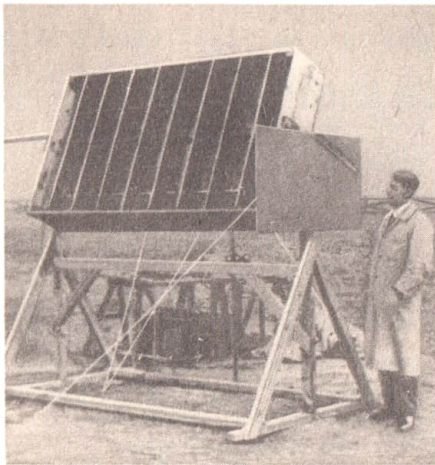
- [1] Arlaserow, M. S.: 60 Jahre Weltraumfahrt, Leben und Werk des Raketenforschers Ziolkowski. Urania-Verlag, Leipzig/Jena 1957.
- [2] Kosmodemjanski, A. A.: Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski, BSB B. G. Teubner-Verlagsgesellschaft, Leipzig 1979.

4. Die Herausbildung der modernen Physik im 20. Jahrhundert

In den hochindustrialisierten kapitalistischen Staaten, insbesondere in den USA, England, Frankreich, Deutschland, hatte sich um die Jahrhundertwende der Imperialismus herausgebildet. Die monopolistische Organisationsform bestimmter Industriezweige (u. a. der Elektrotechnik) bewirkte nicht nur eine Vergesellschaftung der Produktion, sondern auch des Erfindungswesens bei privater Aneignung des Profits. Obwohl die Industriemonopole die Notwendigkeit der wissenschaftlichen Forschung für die Entwicklung der Produktivkräfte klar erkannten, suchten sie doch diese vorwiegend in eine von der Ausnutzungsmöglichkeit und vom Profitstreben bestimmte Richtung zu drängen. So wurden im Grenzbereich zwischen Physik und entsprechenden Technikwissenschaften hervorragende Leistungen u. a. auf den Gebieten der Hochfrequenzphysik und -technik, der Elektronik, des wissenschaftlichen Gerätebaus, der Aerodynamik vollbracht, während die Grundlagenforschung zur Atom- und Quantenphysik vorwiegend an Hochschulen betrieben wurde. Jedoch schuf die Industrieforschung des öfteren einen Ausgangspunkt für die Grundlagenforschung, und der aufkommende wissenschaftliche Gerätebau (z. B. elektronische Verstärker) erweiterte den Experimentierraum der Physik.

Mit dem Sieg der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution ergaben sich in der jungen Sowjetunion trotz Krieg und Konterrevolution, wissenschaftlicher Isolation und großen materiellen Schwierigkeiten günstigere Bedingungen für die Entwicklung der Wissenschaften als vor der Revolution. Bereits 1918 wurden auf direkten Befehl LENINS „Thesen zum Projekt der Mobilisierung der Wissenschaft für die Bedürfnisse des staatlichen Aufbaus“ ausgearbeitet. LENIN orientierte die Wissenschaftler auf die Lösung gesamtwirtschaftlicher Aufgaben, aber wies auch auf die Bedeutung der Grundlagenforschung hin.

Die von LENIN 1920 geprägte Losung „Kommunismus – das ist Sowjetmacht plus Elektrifizierung des ganzen Landes“ forderte Physiker und Techniker zu einer Gemeinschaftsarbeit heraus, deren Nutzen erstmals in der Menschheitsgeschichte nicht einzelnen Gruppen, sondern dem gesamten Volk zugute kam.



Radarversuchsgerät
(1935)

Die Gründung physikalisch-technischer Institute und entsprechender, dem gesamten Volk zugänglichen Lehranstalten führte zu einem Aufschwung der physikalischen Forschung in der Sowjetunion.

Die Zentren der modernen Physik lagen bis etwa 1930 vornehmlich in England, Deutschland und einigen anderen mitteleuropäischen Ländern. Als in Italien und Deutschland der Faschismus zur Macht kam, wurden viele Wissenschaftler (FERMI, EINSTEIN, BORN, FRANCK, MEITNER u. a.) aus diesen Ländern vertrieben und stärkten vor allem das wissenschaftliche Potential der USA. Insbesondere in Deutschland, wo auch führende Wissenschaftler wie HEISENBERG und VON LAUE von den Faschisten diffamiert wurden, kam es zu einem Niedergang vor allem der theoretischen Physik. Nachdem in der Sowjetunion der erhebliche wissenschaftliche Rückstand aufgeholt worden war, begannen sowjetische Physiker den Weltstand mitzubestimmen. Beispielsweise erregten JOFFES Forschungen zur Halbleiterphysik, die Auffindung des Tscherenkoweffekts und seine Deutung durch TAMM und FRANK, WAWILOWS quantenphysikalische Untersuchungen zur Lumineszenz und die FRENKELS zur Theorie der Festkörper sowie KURTSCHATOWS Entdeckung der künstlichen Kernisomerie schon in den 30er Jahren weltweites Aufsehen.

Zur Entstehung der modernen Physik

Ab der Jahrhundertwende errang die Physik eine führende Stellung unter den Naturwissenschaften. Mit dem Ausbau und der Vollendung der klassischen Physik spielte sie eine dominierende Rolle für die Weiterentwicklung bestimmter Industriezweige und hat damit wesentlich zur Entfaltung der wissenschaftlich-technischen Revolution beigetragen. Zugleich verschärften sich durch nicht einzuordnende Entdeckungen und theoretische Unzulänglichkeiten die Widersprüche im Gesamtsystem der klassischen Physik. Diese führten zu einer wissenschaftlichen



Thermoelektrischer Generator
sowjetischer Bauart
auf einer Petroleumlampe

Revolution in der Physik, die auch auf andere Wissenschaften wie Chemie und Biologie übergriff. Daraus ergab sich auch eine Auseinandersetzung über philosophische Grundfragen. Die aufgeworfenen Probleme leiteten eine neue Phase von theoretischen und experimentellen Grundlagenforschungen ein. In deren Verlauf bildeten sich neue Zweige der Physik, wie die Quanten-, Atom- und Kernphysik, heraus, und die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie wurde aufgestellt.

Zur Herausbildung der Relativitätstheorie

Schon um 1870 hatten MACH und CARL NEUMANN auf die Unhaltbarkeit der von NEWTON eingeführten Begriffe des absoluten Raumes, der absoluten Zeit und der absoluten Bewegung überhaupt hingewiesen. Ein damit verwandtes Problem ergab sich aus der Wellenoptik, in der man den Bewegungszustand des die Lichtwellen tragenden Äthers festzustellen suchte. Die 1881 und 1887 präzise ausgeführten Versuche von MICHELSON und MORLEY hatten das überraschende Ergebnis, daß ein „Ätherwind“ nicht nachzuweisen war und sich die Lichtgeschwindigkeit, unabhängig von der Bewegung des Beobachters, als konstant erwies. Vergeblich versuchten LORENTZ, POINCARÉ u. a., dieses Resultat in das mechanische Weltbild einzupassen. 1905 erzielte der damals 25jährige EINSTEIN eine neue Einsicht in die Grundprinzipien der Physik. Er verknüpfte das klassische Relativitätsprinzip mit der Konstanz der Vakuumlichtgeschwindigkeit für alle Beobachter, entwickelte daraus die Spezielle Relativitätstheorie und konnte so das Auftreten bestimmter Paradoxa (Zeitdilatation, Längenkontraktion, relativistische Massenzunahme) und die Äquivalenz von Masse und Energie folgern.

Aus Überlegungen zur Proportionalität von träger und schwerer Masse entwickelte EINSTEIN ab 1912 die Allgemeine Relativitätstheorie als umfassende Gravita-



MANFRED
v. ARDENNE
und
JOHN LOYIE BAIRD,
die beiden
Fernsehpioniere,
vor einem
der ersten
Bildröhren-
empfänger

tionstheorie, die zugleich neue Erklärungsmöglichkeiten in der Kosmologie und Kosmogonie eröffnete. Damit war die von NEWTON vor etwa 200 Jahren aufgestellte Gravitationstheorie dialektisch aufgehoben und als Grenzfall erkannt worden.

Zur Entwicklung der modernen Atom- und Quantenphysik

Meinten viele Physiker gegen Ende des 19. Jahrhunderts, daß im Gebäude der Physik nur noch gewisse „Lücken“ auszufüllen wären, so wurde bald ihre Zufriedenheit durch neue, schwer einzupassende Entdeckungen und Erkenntnisse erschüttert.

Im Zuge des Aufschwungs der Gasentladungsphysik entdeckten RÖNTGEN 1895 die nach ihm benannten Strahlen, BECQUEREL 1896 die Radioaktivität des Urans, und JOSEPH JOHN THOMSON wies 1897 nach, daß Katodenstrahlen aus bisher unbekannten Korpuskeln, den Elektronen, bestehen. Dem jungen Forscherehepaar CURIE gelang es 1898, die stärker strahlenden Elemente Polonium und Radium zu isolieren, während RUTHERFORD erkannte, daß sich die radioaktive Strahlung aus mehreren Komponenten zusammensetzte. Mehrere Forscher identifizierten die Beta-komponente als Elektronenstrahlung, und 1909 wies RUTHERFORD endgültig nach, daß die Alphakomponente aus Heliumionen bestehe. Durch die Untersuchung der radioaktiven Gase kamen SODDY und RUTHERFORD 1903 zu der alle bisherigen physikalischen Prinzipien umstürzenden Auffassung, daß bei der Radioaktivität eine Umwandlung des Atoms vor sich gehe.

Die erste Entwicklungsetappe der Atomphysik gipfelte 1911 in der Aufstellung von RUTHERFORDS planetarischem Atommodell mit der scharfen Unterscheidung zwischen Hülle und Kern.

Nachdem PLANCK 1900 wegen der mangelnden Übereinstimmung zwischen Gesetz und Messung ein neues Strahlungsgesetz mit diskreten Energiestufen aufgestellt und EINSTEIN 1905 die Vorstellung der Lichtquanten entwickelt hatte, bahnte

sich eine Erklärung für die Entstehung der atomaren Linienspektren an. Auf die 1884 empirisch aufgestellten Serienformeln des Schweizer Lehrers BALMER zurückgreifend, entwarf BOHR 1913 mit dem Quantenansatz die Theorie der atomaren spektralen Lichtemission, verursacht durch Elektronensprünge zwischen stationären Elektronenbahnen in der Atomhülle. Weil diese Theorie die Gesetze der klassischen Elektrodynamik verletzte, wurde sie anfangs kühl aufgenommen, aber bereits 1914 durch die Elektronenstoßversuche von FRANCK und HERTZ bestätigt und insbesondere von SOMMERFELD weiter ausgebaut.

Aus der Überzeugung, daß die ältere, der Anschaulichkeit verhaftete Physik der Atomhülle klassische und quantentheoretische Prinzipien vermische, entwickelte 1925 HEISENBERG im Anschluß an das BOHRsche Korrespondenzprinzip durch Beschränkung auf „prinzipiell beobachtbare Größen“ die Quantenmechanik, von der BORN und JORDAN kurz darauf zeigen konnten, daß sie sich als „Matrizenmechanik“ darstellen ließ.

Fast zur selben Zeit (1924) schuf der Franzose DE BROGLIE, fußend auf der Einsteinschen Photonenhypothese, die „Theorie der Materiewellen“, die SCHRÖDINGER 1926 zur „Wellenmechanik“ ausbaute.

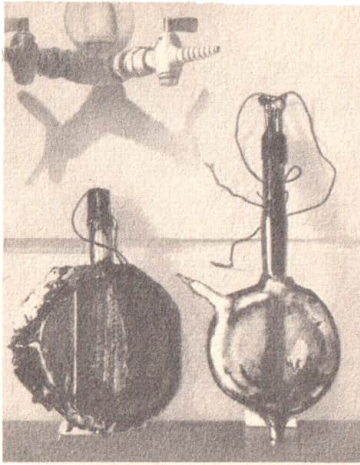
Beide Theorien erwiesen sich in ihrer physikalischen Aussage äquivalent, an ihrer weiteren Entwicklung beteiligten sich Physiker und Mathematiker wie DIRAC u. a. Der mit der klassischen Physik unvereinbare Dualismus von Welle und Teilchen wurde durch die von HEISENBERG 1927 aufgestellte Unbestimmtheitsrelation und BOHRs Komplementaritätsprinzip erhellt.

Daran knüpfte sich eine philosophische Diskussion, die vor allem die Kausalität und Determiniertheit physikalischen Geschehens in Frage stellte und die schließlich auf materialistischer Basis in der Lehre des dialektischen Determinismus eine Lösung fand.

An der Anwendung der Quantenphysik auf den Festkörper beteiligten sich vor allem PAULI, FRENKEL, HEISENBERG, BLOCH, FERMI, DIRAC und andere. Sie schufen damit u. a. eine beachtliche Vorleistung für das Verständnis der elektrischen Leitungsvorgänge in Leitern und Halbleitern.

Zur Entwicklung der Kernphysik

Ausgehend von der Entdeckung der Radioaktivität, bildete sich mit RUTHERFORDS Unterscheidung zwischen Atomhülle und Atomkern durch Forschungen zur Kernladungszahl (MOSELEY 1914), Isotopie (SODDY 1913) und Massenspektrometrie (u. a. ASTON ab 1913) sowie durch Aufstellung der radioaktiven Verschiebungssätze (SODDY, FAJANS 1913) die Kernphysik heraus. Entwicklungsstufen waren die Entdeckung der künstlichen Kernumwandlung (RUTHERFORD 1919), der Nachweis des Neutrons (CHADWICK 1932), die Auffindung des in der DIRACschen Theorie vorausgesagten Positrons in der kosmischen Strahlung (ANDERSON 1932), die Aufstellung von ersten Theorien über den Kernaufbau aus Protonen und Neutronen (HEISENBERG und unabhängig von ihm TAMM und IWANENKO 1932), der Nachweis der Paar-



Die ersten beiden Zyklotronmodelle,
gebaut von
LAWRENCE und EDLEFSEN
(1930)

erzeugung und -vernichtung (BLACKETT und OCCHIALINI sowie I. und F. JOLIOT-CURIE 1933) und die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität I. und F. JOLIOT-CURIE 1934).

Um 1932 zeichneten sich zwei Entwicklungsrichtungen in der Kernphysik ab. Mittels elektrisch beschleunigter Protonen erzielten 1932 die RUTHERFORDSCHÜLER COCKROFT und WALTON die erste Kernumwandlung. Der Bau von immer größeren Beschleunigern (u. a. Konstruktion des Zyklotrons von LAWRENCE 1931; Konzipierung des Betatrons von WIDERÖE und STEENBECK) ermöglichte die experimentelle Untersuchung von Elementarteilchenprozessen. Daraus entwickelte sich die experimentelle und theoretische Elementarteilchen- bzw. Hochenergiephysik.

Eine zweite Forschungsrichtung ergab sich aus der Bestrahlung von Elementen mit Neutronen mit dem Ziel, künstliche Radioaktivität zu erzielen bzw. Transurane zu erzeugen. Am erfolgreichsten war dabei zunächst die Forschungsgruppe um FERMI in Italien, aber auch in Berlin (HAHN, MEITNER, STRASSMANN) und in Paris (unter der Leitung von I. JOLIOT-CURIE) wurde an diesem Problem gearbeitet. Die Berliner Gruppe entdeckte zur Jahreswende 1938/1939 die Kernspaltung durch langsame Neutronen. Zahlreiche Forscher stellten daraufhin das Auftreten freier Neutronen bei jeder Kernspaltung fest, so daß die Möglichkeit einer Kettenreaktion und einer Energieerzeugung auf dieser Basis vorausgesehen werden konnte.

Mit dem Beginn des zweiten Weltkrieges wurden diese Forschungen zu einem Politikum. Im faschistischen Deutschland, dessen Führung an einer „Uranbombe“ gelegen war, gediehen die unter Leitung von HEISENBERG, WEIZSÄCKER u. a. ausgeführten, aber nicht forcierten Versuche bis zum Aufbau eines Uranreaktors (zuletzt in Haigerloch bei Stuttgart). Eine sich selbst erhaltende gesteuerte Kettenreaktion wurde jedoch nicht erreicht.

In den USA begann unter der Gesamtleitung OPPENHEIMERS 1941 ein großangelegtes Versuchsprogramm für den Bau einer Atombombe, an dem rund 2000 Wissenschaftler beteiligt waren. Nach der Inbetriebsetzung des ersten Kernreaktors



Erstes
Kernkraftwerk
der Welt
in Obninsk
(UdSSR)

durch FERMI am 2. 12. 1942 und weiteren Großforschungen wurde am 16. 7. 1945 in der Wüste von Nevada die erste Atombombe gezündet und im August 1945 zwei Atombomben trotz des Protestes einer Gruppe von Physikern (Franck-Report) über den japanischen Großstädten Hiroshima und Nagasaki abgeworfen.

In der Sowjetunion waren die Forschungen zur Kernphysik durch den faschistischen Überfall 1941 jäh unterbrochen worden. Sowjetische Physiker erkannten jedoch die Bedrohung für ihr Land, wenn es dem Feind gelang, eine Atombombe zu bauen. Sie wandten sich an ihre Regierung, so daß – trotz ungeheurer kriegsbedingter Schwierigkeiten – 1943 entsprechende Forschungen unter der Gesamtleitung KURTSCHATOWS in großem Umfang aufgenommen wurden. Diese führten 1946 zum Aufbau des ersten europäischen Kernreaktors in Moskau, 1949 zur Zündung der ersten sowjetischen Atombombe und 1954 zur Inbetriebnahme des ersten Kernkraftwerks der Welt in Obninsk. Damit war das Atomwaffenmonopol der USA gebrochen, aber zugleich wurde, früher als in den USA, auf die friedliche Nutzung der Kernenergie orientiert.

Die verheerenden Folgen der amerikanischen Atombombenabwürfe auf Japan hatte den Physikern die Möglichkeit des Mißbrauchs ihrer Forschungsergebnisse drastisch vor Augen geführt. Wandten sich erst einzelne wie EINSTEIN und OPPENHEIMER gegen die US-amerikanische Atombombenpolitik, so kündete die von HAHN initiierte Mainauer Kundgebung der Nobelpreisträger 1955 und die von RUSSELL und EINSTEIN angeregten Pugwash-Tagungen, daß die Mehrzahl der Physiker sich ihrer Verantwortung für die Nutzung ihrer Forschungen bewußt geworden war. Sie erkannten, daß das Fortbestehen der Menschheit auch in ihre Hand gegeben war, und sie setzten sich mit Wort und Tat für die Sicherung des Weltfriedens ein.



Atom-
eisbrecher
„Lenin“

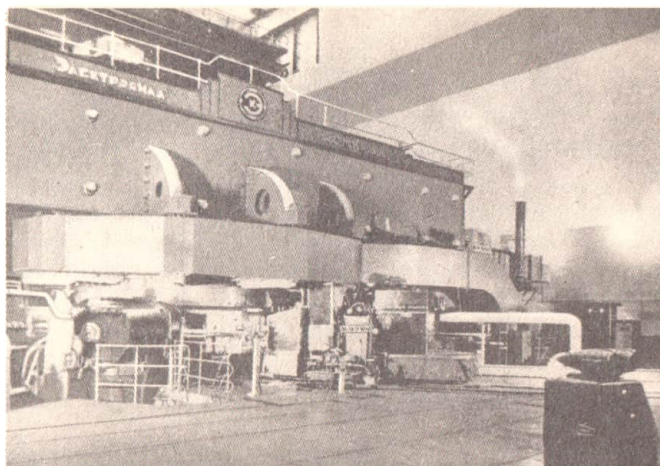
Bemerkungen zu einigen neuen Entwicklungstendenzen der Physik

Dieser kurze Überblick soll über einige offenkundige Fortschritte der Physik nach 1945 informieren, ohne in irgendeiner Hinsicht Vollständigkeit anzustreben oder eine Rangfolge festzulegen. Der gewaltige Ausbau der physikalischen Forschung ist darin ebensowenig enthalten wie viele wesentliche Entwicklungsrichtungen der neuen Physik.

Nach dem zweiten Weltkrieg wurden mit der 1947 von POWELL entwickelten Kernspurplatte und der 1950 von GLASER konstruierten Blaskammer weitere Elementarteilchen nachgewiesen. Dazu kam noch eine größere Anzahl von Resonanzteilchen. Die theoretische Bewältigung dieses Forschungskomplexes stieß jedoch auf erhebliche Schwierigkeiten. Es wurde versucht, eine einheitliche Feldtheorie der Materie aufzubauen, mit der sich Quantenzahlen, Teilchenumwandlungen, Streuquerschnitte u. a. erklären und bestimmen lassen. Eine solche einheitliche geometrische Theorie, die auch Gravitation und elektromagnetisches Feld einschließt, ist von WEYL, EINSTEIN, HEISENBERG in Angriff genommen worden. Diese Ansätze führten aber zu keinem durchgreifenden Ergebnis.

In den 50er Jahren wurden die Vorstellungen über den Bau der Atomkerne bedeutend verfeinert und mit hochbeschleunigten schweren Kernen superschwere Elemente entdeckt. Daneben stand die Gewinnung weiterer radioaktiver Isotope für Wissenschaft, Technik und Medizin sowie die Erzielung intensiver Neutronenströme für Streuexperimente im Vordergrund.

Die Erzeugung von Elektroenergie mit thermischen Kernreaktoren ist heute eine Aufgabe der Kerntechnik. Ein neuer Typ von Kernreaktoren, der „Schnelle Brüter“, befindet sich im Versuchsstadium. In ihm werden überschüssige schnelle Neutronen dazu verwandt, aus nicht spaltbarem Uran 238 das spaltbare Plutonium 239 zu erzeugen. Die sichere Lagerung der anfallenden, langlebig radioaktiven Spaltprodukte ist ein Problem unserer Zeit.



Synchro-
zyklotron
in Dubna

Eine andere Methode der Freisetzung von Kernenergie ist die schon 1938 von BETHE und von WEIZSÄCKER als Quelle der Sonnenenergie erkannte Kernfusion, die erstmals 1953 in der Wasserstoffbombe ausgenutzt wurde. Die Geheimhaltung der seit 1950 laufenden Forschungen zur gesteuerten thermonuklearen Reaktion wurde 1956 von der UdSSR durch KURTSCHATOW einseitig aufgehoben. Damit wurde ein weltweiter Austausch von Forschungsergebnissen auf diesem Gebiet eingeleitet.

Da Kernverschmelzungen erst in einem energiereichen Plasma von über 100 Millionen K auftreten, wurden die Forschungen über die Eigenschaften des Plasmas im Anschluß an die Gasentladungsphysik intensiviert. Die Plasmaphysik untersuchte insbesondere Plasmen, die sich nicht im thermischen Gleichgewicht befinden. Die theoretische Deutung erfolgt im Rahmen einer mit der Feldtheorie verknüpften spezialisierten statistischen Thermodynamik. Trotz weltweiter Forschungen und bestimmten Teilerfolgen, u. a. mit der Typenreihe von Plasmageneratoren („Tokamak“) in der UdSSR, gelang es noch nicht, ein Plasma höchster Temperatur stabil zu halten. Vorschläge zur Verwendung des Plasmas, u. a. in MHD-Generatoren zur direkten Umwandlung von thermischer in elektrische Energie und in Plasmatriebwerken, lassen erkennen, daß sich der Plasmaphysik noch weitere Anwendungsbereiche erschließen werden.

Anfänge der Festkörperphysik als selbständige Querschnittsdisziplin der Physik sind nach Vorarbeiten um 1940 zu verzeichnen. Sie untersucht mit experimentellen und theoretischen Methoden aus allen Bereichen der Physik solche Körper, bei denen Moleküle durch Wechselwirkungskräfte an bestimmte Lagen gebunden sind.

Die experimentellen Methoden erstrecken sich u. a. von Streu- und Beugungsversuchen mit Licht-, Röntgen- und Neutronenstrahlen über dielektrische Messungen bis zu den verschiedenen Verfahren der Hochfrequenzspektroskopie. Von letzteren sei nur die 1944 von SAVOISKI entdeckte paramagnetische Elektronenresonanz und die 1945 von F. BLOCH nachgewiesene magnetische Kernresonanz er-

wähnt. Diese Methoden werden in Physik und Chemie u. a. zur Strukturaufklärung vielfach angewendet.

Die 1957 von MÖSSBAUER (Nobelpreis 1961) gefundene rückstoßfreie Emission oder Absorption von Gammaquanten durch im Festkörper eingelagerte Kerne ermöglichte durch Präzisionsmessungen weitere Aufschlüsse auch über die Eigenschaften von Festkörpern.

In die quantenphysikalische Theorie der Festkörper wurden neben Elektronen auch Phononen, Exzitonen, Polaronen und Magnonen eingeführt. Auf der Basis der Wechselwirkung dieser Quasiteilchen untereinander und mit den Elektronen lassen sich prinzipiell wesentliche Eigenschaften des Festkörpers beschreiben.

Die Festkörperphysik schuf die physikalische Voraussetzung für eine fundierte Kristallzüchtung. Auf dieser Basis konnten kristalline Werkstoffe mit vorgegebenen Eigenschaften, u. a. Ferrit- und Halbleitermaterialien, durch die Beherrschung der Epitaxie entwickelt werden.

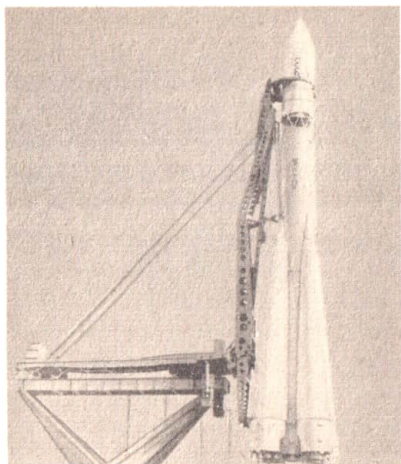
Durch den 1948 von BARDEEN, SHOCKLEY und BRATTAIN erfundenen Transistor (Nobelpreis 1956) nahm die Halbleiterelektronik einen raschen Aufschwung. Durch Klärung der Bandstrukturen und Leitungsmechanismen in gezielt dotierten Realkristallen aus Germanium und später auch aus Silizium eröffneten sich neue Möglichkeiten. Nach Überwindung technologischer Schwierigkeiten wurden hochspezialisierte Bauelemente wie Leucht-, Laser- oder Tunnelioden und Feldeffekttransistoren entwickelt. Mit der Miniaturisierung und Integration der Bauelemente bildete sich nach 1970 die Mikroelektronik heraus.

Mit der Untersuchung von Kristallen wandte sich die Aufmerksamkeit der Physiker auch dem Problem der Phasenübergänge erneut zu.

Ein Untersuchungsgebiet unter anderen erwuchs aus der Tieftemperaturphysik. Für die 1911 von KAMERLINGH-ONNES gefundene Supraleitfähigkeit in der Nähe des absoluten Nullpunktes stellten nach Ansätzen von LONDON 1950 GINZBURG und LANDAU eine thermodynamische Theorie auf, während BARDEEN, COOPER und SCHRIEFFER 1957 eine mikroskopische Beschreibung erarbeiteten. Seit etwa 1962 werden supraleitende Magnete gebaut, die bei der magnetischen Resonanz, zur Erzeugung tiefster Temperaturen in weiteren technischen Bereichen genutzt werden.

Neue Resultate über Phasenübergänge spielten auch bei der Untersuchung von Flüssigkeitskristallen eine Rolle. Bei diesen ließen sich schon vor dem Erstarren scharf abgegrenzte Phasenbereiche der Ausrichtung größerer Moleküle erkennen. Dabei auftretende optische Effekte werden vielseitig ausgenutzt.

Die 1917 von EINSTEIN theoretisch vorhergesagte stimulierte Emission wurde 1928 durch KOPFERMANN und LADENBURG experimentell nachgewiesen. Auf der Basis der durch das Radarverfahren entwickelten Mikrowellentechnik schlugen FABRIKANT, BASSOW und PROCHOROW in der UdSSR sowie J. WEBER in den USA einen Quantengenerator für Mikrowellen, den Maser, vor. 1953 konstruierten TOWNES, GORDON, und ZEIGER einen ersten Ammoniak-Gasstrahl-Oszillator. Um 1958 untersuchten SCHAWLOW und unabhängig von ihm TOWNES die Übertragung des Maserprinzips auf Lichtwellen. Um 1960 wurden die ersten optischen Quantengenera-



Rakete „Wostock“

toren (Laser) von BASSOW und PPROCHOROW in der UdSSR sowie von MAIMAN (Rubinlaser) und JAVAN (Gaslaser) in den USA gebaut. Für ihre Arbeiten über die Quantengeneratoren erhielten TOWNES, BASSOW und PPROCHOROW 1964 den Nobelpreis für Physik. Die Anwendung des Lasers ist heute schon außerordentlich vielfältig; sie erweitert sich ständig. Sie reicht über weite Bereiche der Technik, Medizin und Biologie bis zu der um 1950 von GABOR entwickelten Holografie.

MAX PLANCK (1858 bis 1947)

Es gibt nur wenige Teilgebiete der Physik, deren Anfänge sich zeitlich genau festlegen lassen. Bei der Quantenphysik ist das der Fall: Am 14. Dezember 1900 gab MAX PLANCK die Herleitung der kurze Zeit vorher von ihm angegebenen Strahlungsgleichung bekannt und führte dabei den Begriff *Energiequantelung* ein. PLANCK stand damals im 43. Lebensjahr und galt als einer der führenden theoretischen Physiker Deutschlands, war jedoch vorher mit einer überragenden wissenschaftlichen Entdeckung noch nicht hervorgetreten.

Obwohl PLANCK zunächst die volle Tragweite seiner Entdeckung nicht erkannte, zeigte sich schon in den beiden folgenden Jahrzehnten, daß mit der Einführung der Planckschen Konstanten eine grundlegende Wende in der Physik begonnen hatte. Es ist nicht übertrieben, die Entdeckung des elementaren Wirkungsquantums als eine Revolution auf dem Gebiet der damaligen Physik zu bezeichnen, denn die bis dahin allgemein akzeptierte Auffassung von der uneingeschränkten Stetigkeit aller Naturvorgänge ließ sich nicht mehr länger aufrechterhalten. Die Kontinuumsvorstellung war – zumindest hinsichtlich des Energieaustausches – nicht zutreffend.

PLANCK wurde am 23. April 1858 in Kiel geboren. Sein Vater, Professor der Rechtswissenschaften, nahm 1867 eine Berufung nach München an, wohin auch



MAX PLANCK
um die Jahrhundertwende
(Zeichnung von I. GENTZ, 1908)

die Familie übersiedelte. Kindheit und Jugend PLANCKS verliefen ungetrübt. Er war ein vorbildlicher Schüler, der sehr fleißig arbeitete und vor allem durch seine mathematischen Interessen und Veranlagungen auffiel. Seine besondere Liebe galt der Musik. So schwankte er nach dem Abitur, ob er Musik, Philologie oder Naturwissenschaften studieren sollte. Auch wenn sich PLANCK für letzteres entschied, so blieb er, der u. a. ausgezeichnet Klavier spielte, doch zeitlebens der Musik eng verbunden.

PLANCK nahm 1875 das Studium der Mathematik und Physik an der Universität München auf. Nach sechs Semestern ging er nach Berlin und hörte u. a. Vorlesungen bei HELMHOLTZ und KIRCHHOFF, die ihn aber nicht recht begeisterten. Mehr Gewinn zog er, der sich der theoretischen Physik zuwenden wollte, aus dem Selbststudium. Besonders die thermodynamischen Arbeiten von CLAUSIUS übten einen großen Eindruck auf PLANCK aus.[1; S. 9]

Im Jahre 1878 legte PLANCK an der Universität München, an die er inzwischen zurückgekehrt war, das Staatsexamen als Mathematik- und Physiklehrer für den höheren Schuldienst ab, obwohl er nicht beabsichtigte, diese Laufbahn einzuschlagen. Ein Jahr später promovierte er mit dem Prädikat „summa cum laude“ – der besten Note. Die Dissertation enthielt u. a. eine allgemeingültige Fassung des Entropiesatzes und eine Erweiterung des Entropiebegriffes.

Die Plancksche Arbeit wurde in ihrer Bedeutung und Tragweite zunächst nicht verstanden. PLANCK schrieb später selbst dazu: „Von meinen Universitätslehrern hatte ... keiner ein Verständnis für ihren Inhalt. Sie ließen sie wohl nur deshalb als Dissertation passieren, weil sie mich von meinen sonstigen Arbeiten im physikalischen Praktikum und im mathematischen Seminar her kannten.“[1; S. 11] Versuche des jungen Wissenschaftlers zu einem Meinungsaustausch über die in der Dissertation aufgeworfenen Probleme mit den damals in Deutschland führenden Physikern HELMHOLTZ, KIRCHHOFF und CLAUSIUS schlugen fehl. Das alles hinderte aber PLANCK nicht daran, auf dem einmal eingeschlagenen Weg weiterzuschreiten.

Schon 1880 habilitierte er sich mit einer Abhandlung über die Zusammenhänge zwischen der Entropie und den Gesetzen der physikalischen und chemischen Gleichgewichte im Falle von Änderungen des Aggregatzustands.

Da zur damaligen Zeit nur wenige Lehrstühle für theoretische Physik an deutschen Hochschulen existierten, hielt PLANCK zunächst als nicht festbesoldeter Privatdozent Vorlesungen an der Universität München. Diesen damals durchaus üblichen Beginn einer akademischen Laufbahn konnten allerdings nur solche jungen Wissenschaftler wählen, die über den notwendigen finanziellen Rückhalt verfügten, meist von seiten der Eltern.

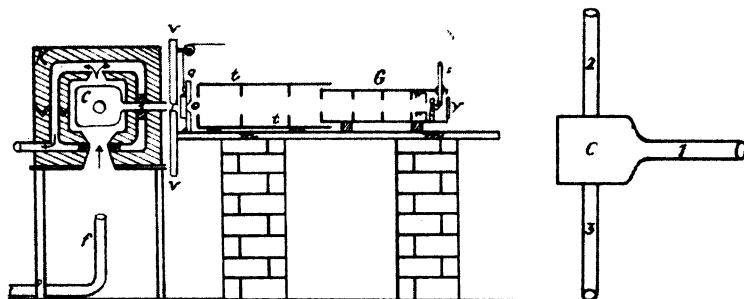
Erst im Frühjahr 1885 erhielt PLANCK eine Professur für theoretische Physik an der Universität Kiel, wo er vier Jahre blieb und auch eine Familie gründete. In den Kieler Jahren entstanden eine Reihe von Arbeiten zur Thermodynamik, speziell zur Erhaltung der Energie und zur Vermehrung der Entropie, die offensichtlich Beachtung gefunden haben müssen, denn nach dem Tode KIRCHHOFFS berief man PLANCK – wohl nicht zuletzt durch den Einfluß HELMHOLTZ' – als außerordentlichen Professor für theoretische Physik nach Berlin (1889). Bereits 1892 wurde PLANCK ordentlicher Professor, also Lehrstuhlinhaber.

Bis zum Jahre 1896 beschäftigte sich PLANCK mit vielfältigen theoretischen Arbeiten, die ihn auch in Briefwechsel mit NERNST und OSTWALD brachten. Letzterer, ein in Leipzig wirkender hervorragender Physiko-Chemiker, war der Hauptvertreter eines umfassenden philosophischen Systems, der sogenannten *Energetik* (Energetismus). Von Anfang an war PLANCK ein entschiedener Gegner dieser idealistischen Philosophie, die auf physikalischem Gebiet den Anspruch erhob, allein unter Verwendung des Energiebegriffs (dem der Materiebegriff untergeordnet war) die Gesamtheit aller Naturerscheinungen und -vorgänge zu erklären.

In der Ablehnung der Energetik war sich PLANCK mit BOLTZMANN einig, der die Energetik aber von ganz anderen Gesichtspunkten aus bekämpfte. Allerdings stand PLANCK zu diesem Zeitpunkt auch in Opposition zu BOLTZMANNs atomistischen Vorstellungen und den sich daraus ergebenden Folgerungen. Vor allem hielt PLANCK den 2. Hauptsatz der Wärmelehre für genau so mechanisch-determiniert wie den 1. Hauptsatz, während BOLTZMANN den 2. Hauptsatz richtig nur als Wahrscheinlichkeitsaussage ansah. Diese falsche Einschätzung sollte sich schon bald als wesentliches Hindernis für die Lösung einer Problematik erweisen, der sich PLANCK 1895 zuwandte: der Thermodynamik der Wärmestrahlung. Wie intensiv sich PLANCK damit beschäftigte, zeigen neun größere Arbeiten, die zwischen 1896 und 1900 erschienen und die die Grundlage für seine spätere Entdeckung bildeten.

Die Untersuchung der Wärmestrahlung wurde in der genannten Zeit von verschiedenen Wissenschaftlern betrieben, vor allem von einer Reihe Berliner Physiker, mit denen PLANCK persönlich bekannt war. Dazu gehörten u. a. WIEN, LUMMER, RUBENS, PRINGSHEIM und KURLBAUM, die an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) Strahlungsmessungen durchführten.

Zu ihren Aufgaben gehörten u. a. die Prüfung elektrischer Glühlampen und Gasglühapparate, die die Industrie einsandte. Sowohl die Prüfung als auch die von der PTR geplanten systematischen Untersuchungen zur Verbesserung der Strahler

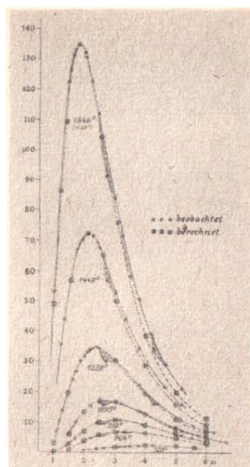


Schwarzer Strahler für $t > 600^\circ\text{C}$ nach LUMMER und PRINGSHEIM (1897).
Die Strahlung wird aus dem Inneren eines Schamotteofens (links) emittiert
und gelangt durch r und o in den Strahlungsempfänger (rechts)

(Glühwendel, Gasglühstrumpf) setzten Vergleichsnormale voraus und diese wiederum die Kenntnis des *Strahlungsgesetzes*, d. h. die Kenntnis der Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von der Temperatur des Strahlers und den Frequenzen bzw. Wellenlängen der emittierten Strahlung. Wichtige Vorarbeiten hatten in dieser Hinsicht KIRCHHOFF (1859), STEFAN und BOLTZMANN (1879/84) und WIEN (1893) geleistet (vgl. [2] [3]).

Letzterer hatte 1896 – allerdings auf theoretisch anfechtbarer Basis – eine nach ihm benannten Strahlungsgleichung aufgestellt, die mit einer von PASCHEN experimentell gefundenen Gleichung gut übereinstimmte.

PLANCK bemühte sich nun, diese Wiensche *Strahlungsgleichung* auf einer sicheren theoretischen Grundlage herzuleiten. Dabei ging er von der Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorie aus und baute seine Überlegungen auf der Existenz Hertzscher Oszillatoren auf, durch deren Emission und Absorption in einem Hohlraum sich schließlich der dem Kirchhoffschen Gesetz entsprechende Gleichgewichtszustand einstellen sollte. Da das Ergebnis der Rechnungen zunächst unbefriedigend war, versuchte PLANCK, die Maxwellsche Elektrodynamik mit der (phänomenologischen) Thermodynamik zu verknüpfen. Die neuen Rechnungen lieferten tatsächlich eine Strahlungsgleichung, die der von WIEN und PASCHEN angegebenen entsprach, so daß PLANCK die Wiensche Gleichung für weitgehend bestätigt ansah. Inzwischen waren die Strahlungsuntersuchungen an der PTR mit *schwarzen Strahlern*, das sind Hohlraumstrahler maximaler Intensität bei vorgegebener Temperatur, weitergeführt worden (vgl. [2; S. 11f.]). Die damit und vor allem mit der *Reststrahlmethode* gewonnenen Ergebnisse im langwelligen (ultraroten) Spektralbereich zeigten jedoch Abweichungen vom Wienschen Strahlungsgesetz. Das hatten spezielle Untersuchungen von RUBENS und KURLBAUM ergeben, über die diese am 19. Oktober 1900 in einer Sitzung der Berliner Physikalischen Gesellschaft berichteten. PLANCK, der die neuen Ergebnisse bereits kannte, legte in der Diskussion eine neue Gleichung vor, von der er vermutete, daß sie die Gesetzmäßigkeiten der



Durchgezogene Kurve: Meßergebnisse von LUMMER und PRINGSHEIM (1899/1900).
Gestrichelte Kurve: Wiensche Strahlungsgleichung. Die Abweichungen
im langwelligen Bereich veranlaßten PLANCK zur Aufstellung
seiner Strahlungsgleichung.

Strahlung besser als die bisher bekannten Gleichungen wiedergäbe, was sich auch bestätigte.

Wie PLANCK zu dem neuen Entropieausdruck gekommen ist, der auf die neue Gleichung führte, ist nicht genau bekannt (vgl. [2; S. 13 f.], [3; S. 99 f.]). Wahrscheinlich hat er den entscheidenden Fortschritt zunächst auf dem Wege mehr oder minder willkürlicher Ansätze für die Entropie gefunden, wie seine eigene Aussage von einer „glücklich erratenen Interpolationsformel“ [4; S. 12] zeigt. Sicherlich haben dabei seine umfangreichen thermodynamischen Kenntnisse eine nicht unerhebliche Rolle gespielt.

Ein theoretischer Physiker vom Range PLANCKS gab sich natürlich mit einer auf solche Weise gewonnenen Strahlungsgleichung nicht zufrieden. Es galt, so schrieb PLANCK später, der Formel „... einen wirklichen physikalischen Sinn zu verschaffen, und diese Frage führte mich von selbst zu der Betrachtung des Zusammenhanges zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit, also auf die Boltzmannschen Gedankengänge; bis sich nach einigen Wochen der angespanntesten Arbeit meines Lebens das Dunkel lichtete und eine neue ungeahnte Fernsicht aufzudämmern begann.“ [4; S. 12]

Die Ergebnisse seiner Überlegungen trug PLANCK am 14. 12. 1900 wiederum der Berliner Physikalischen Gesellschaft vor. Als den Kernpunkt der Theorie bezeichnete er Aussagen über die *Wahrscheinlichkeit* einer bestimmten Energieverteilung auf die Resonatoren. Diese Einbeziehung der *thermodynamischen Statistik* in seine Überlegungen stellte für PLANCK einen radikalen Bruch mit seinen bisherigen Ansichten dar. Demgegenüber schien ihm im Dezember 1900 eine weitere Aussage mehr formaler Natur zu sein: „Wenn E (die Energie, R. G.) als unbeschränkt teilbare Größe angesehen wird, ist die Verteilung auf viele Arten möglich. Wir betrachten aber – und dies ist der wesentlichste Punkt der ganzen Berechnung – E als zusammengesetzt aus einer ganz bestimmten Anzahl endlich gleicher Teile und bedienen uns dazu der Naturkonstanten $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$ erg \cdot s. Diese Konstante mit

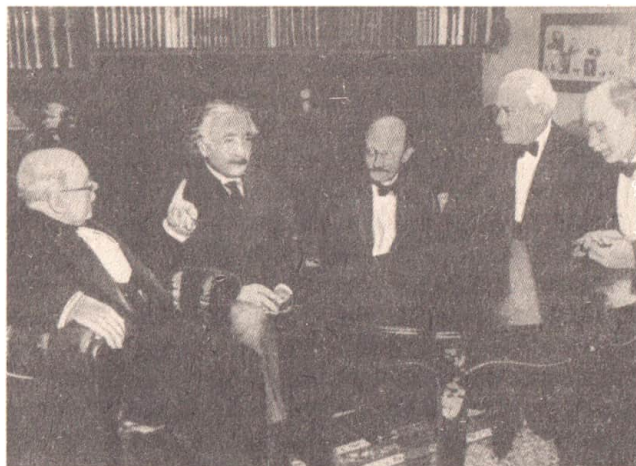
der ... Schwingungszahl ν der Resonatoren multipliziert ergibt das Energieelement ϵ ." [5]

Daß die Postulierung eines elementaren Wirkungsquantums, die damit erfolgte, mit den bisherigen physikalischen Vorstellungen nicht in Einklang stand, war PLANCK bewußt. Er versuchte daher jahrelang vergeblich, die Quantenauffassung in irgendeiner Weise in die klassische Physik einzubauen, nicht zuletzt auch deshalb, weil die Reaktionen der meisten Wissenschaftler ablehnend waren. Zwar wurde die Richtigkeit der Planckschen Strahlungsgleichung nicht angezweifelt, wohl aber deren Herleitung und theoretische Basis.

Es zeigte sich aber bald, daß die Plancksche Entdeckung nicht nur eine den physikalischen Sachverhalt richtig beschreibende Strahlungsgleichung lieferte, sondern auch andere Bereiche der Physik in hohem Maße beeinflusste. Es sei in diesem Zusammenhang nur auf die Arbeiten von EINSTEIN (Lichtquanten, 1905), BOHR (Atommodell, 1913), G. HERTZ und J. FRANCK (Elektronenstoß, 1913), SOMMERFELD (verbessertes Atommodell, 1916) u. a. hingewiesen. Die Verleihung des Nobelpreises für Physik an PLANCK im Jahre 1920 war daher die verdiente Würdigung seiner großen wissenschaftlichen Leistung.

Schon vor dieser Führung genoß PLANCK hohes Ansehen. Das spiegelte sich nicht zuletzt auch in Ämtern wider, die er innehatte. Im Jahre 1912 wurde er zum Beständigen Sekretar (zugleich einer der periodisch amtierenden Akademiepräsidenten) der Physikalisch-Mathematischen Klasse der Preußischen Akademie der Wissenschaften – der er als ordentliches Mitglied bereits seit 1894 angehörte – berufen, und ein Jahr später übernahm PLANCK das Rektorat der Berliner Universität. Mit diesen Funktionen war auch ein öffentliches Auftreten verbunden, so daß wir in der Lage sind, aus den von PLANCK gehaltenen Reden Schlüsse hinsichtlich seiner politischen Haltung zu ziehen. Der Herkunft, Erziehung und der Grundeinstellung nach war PLANCK konservativ, ganz dem Stil und Geist der bürgerlichen Epoche verhaftet. Das zeigt sich besonders deutlich in seiner nationalistischen Haltung im ersten Weltkrieg und in seiner Stellung zur Novemberrevolution, der er ohne Verständnis gegenüberstand (vergl. hierzu [6; S. 177 ff.]). Diese und andere Beispiele zeigen, wie schwer es einem seinem Wesen nach zutiefst humanistischen Gelehrten auf Grund seiner bürgerlichen Herkunft und Erziehung fiel, die sich abzeichnenden großen Umwälzungen zu erkennen und in ihrer Tragweite zu erfassen. PLANCKS politische Ansichten waren oft naiv, so daß EINSTEIN einmal sarkastisch meinte, PLANCK verstehe von der Politik so viel wie die Katze vom Vaterunser – also nichts. Es muß der Gerechtigkeit halber aber auch gesagt werden, daß es bei vielen anderen bedeutenden Wissenschaftlern der damaligen Zeit nicht viel anders aussah.

Bei einer Würdigung der Persönlichkeit PLANCKS kann man nicht daran vorbeigehen, daß er über vierzig Jahre in der Berliner Universität Vorlesungen hielt. Ein Zeitgenosse berichtet: „Planck wohnte in einiger Entfernung (von der Universität, R. G.) im Grunewald und fuhr mit der Stadtbahn nach Berlin. Sein Zug fuhr oft parallel mit meinem, ... und ich konnte Planck sehen, wie er ... in seinen Notizen zur Vorbereitung der Vorlesung studierte. In der Vorlesung selbst gebrauchte er kein



NERNST,
EINSTEIN,
PLANCK,
MILLIKAN
und
VON LAUE
(v. l. n. r.)
im Jahre 1931

Kollegheft. Er machte niemals einen Fehler und stockte nie. Sehr selten nahm er seine Notizen heraus, sagte nach einem Blick auf die Tafel ja' und steckte sie wieder weg. Er war der beste Vortragende, den ich jemals gehört habe ...". [6; S. 181]

In seinem persönlichen Wesen wird PLANCK als sehr ruhig, ausgeglichen und zuvorkommend geschildert. Besonders hebt man seine Bescheidenheit hervor. PLANCK war das Gegenteil des sprichwörtlichen „Stubengelehrten“. In seiner Berliner Zeit verschafften ihm ausgedehnte Wanderungen – „mit Wickelgamaschen und Rucksack“ – in die Umgebung der Hauptstadt Entspannung und Erholung. Er war auch ein begeisterter Bergsteiger und erstieg noch als Achtzigjähriger Alpengipfel.

Im Jahre 1926 stellte PLANCK seine Lehrtätigkeit an der Berliner Universität ein und trat in den Ruhestand. Er hatte nun Zeit für eine ausgedehnte Vortragstätigkeit, durch die er einen größeren Personenkreis mit seinen wissenschaftlichen, vor allem aber auch weltanschaulichen und philosophischen Ansichten vertraut machte.

Mit philosophischen Fragen hatte sich PLANCK schon früher beschäftigt. Bekannt wurde seine Auseinandersetzung mit der Machschen Erkenntnislehre (1908/1910), nach der es – vereinfacht dargestellt – überhaupt keine objektive Realität gibt, sondern nur Aussagen über Empfindungen möglich sind. Besonders hemmend wirkten diese idealistischen Ansichten auch auf den Fortschritt der theoretischen Physik. Die von E. MACH vertretene philosophische Richtung war etwa zur gleichen Zeit durch W. I. LENIN in dessen Arbeit „Materialismus und Empiriokritizismus“ heftig kritisiert worden. Obwohl PLANCK den dialektischen Materialismus nicht kannte und von ganz anderen Positionen und aus ganz anderen Beweggründen die Machschen Ansichten bekämpfte, kam er in vielen Punkten zu gleichen Erkenntnissen wie LENIN (vgl. [6; S. 183 ff]).

In seinen philosophischen und weltanschaulichen Ansichten war PLANCK sehr widersprüchlich: „Als Naturforscher verteidigte PLANCK einen erkenntnistheoretischen Materialismus; in seinen Auffassungen über die Gesellschaft und die Moral



MAX PLANCK
im 79. Lebensjahr

blieb er jedoch in weitverbreiteten idealistischen Anschauungen befangen und suchte in einer pantheistischen Religiosität geistigen Halt.“ [7; S. 196]

Letzteres gilt besonders für die Zeit des Faschismus. Obwohl bürgerlich-nationalistisch eingestellt, lehnte PLANCK die politischen Grundauffassungen und Methoden der Faschisten entschieden ab. In seinen damals gehaltenen Vorträgen spiegelt sich indirekt vieles wider, was PLANCK bewegte.

Ein aktiver Widerstandskämpfer konnte PLANCK seinem ganzen „staatsbejahenden Wesen“ [8] nach nicht sein und war es auch nicht, aber seine antifaschistische Gesinnung läßt sich an vielen Beispielen belegen, wie an der Durchführung einer Gedenkfeier für den 1934 in der Emigration verstorbenen deutschen Chemiker F. HABER, der wegen der faschistischen Rassengesetze seine Heimat verlassen mußte (vgl. [6; S. 189ff.]).

Gegen Kriegsende trafen den im hohen Alter stehenden Gelehrten schwere Schicksalsschläge: Sein zweiter Sohn, ERWIN PLANCK, fiel als Mitwisser der Anti-Hitler-Verschwörung vom 20. Juli 1944 dem faschistischen Mordterror zum Opfer, PLANCKS Wohnhaus in Berlin-Grünwald brannte bei einem Luftangriff nieder, und er selbst war nach einem Luftangriff auf Kassel stundenlang in einem Keller verschüttet.

Das Kriegsende erlebte PLANCK auf dem Gut Rogätz an der Elbe, das sich mitten im Kampfgebiet befand. Zeitweise hielt sich der Siebenundachtzigjährige, wie auch die anderen Dorfbewohner, im Wald auf. Mitte Mai 1945 gelangte PLANCK dann zu Verwandten nach Göttingen. In seinen letzten Lebensjahren nahm er seine Vortragstätigkeit wieder auf, wobei er sich auch engagiert gegen den Mißbrauch der Atomenergie – gegen die Atombombe – wandte. Im Jahre 1947 schrieb er: „Die Gefahr der Selbstausrottung, welche der gesamten Menschheit droht, falls ein zukünftiger Krieg zur Anwendung solcher Bomben in größerer Zahl führen sollte, kann man nicht ernst genug nehmen; keine Phantasie vermag sich die Folgen auszumalen. Eine überaus eindringliche Friedensmahnung liegt in den 80000 Toten

von Hiroshima, den 40000 Toten von Nagasaki für alle Völker, vornehmlich für ihre verantwortlichen Staatsmänner“. [9; S. 30]

Lebensdaten zu MAX PLANCK

1858	am 23. April in Kiel geboren
1867	Übersiedlung nach München
1875	PLANCK legt mit 17 Jahren die Reifeprüfung ab. Beginn des Mathematik- und Physikstudiums an der Universität München
1877	Fortsetzung des Studiums an der Universität Berlin
1879	Promotion an der Universität München. Dissertation: „Über den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie“
1880	Habilitationsschrift: „Gleichgewichtszustände isotroper Körper“
1880 bis 1885	Privatdozent an der Universität München
1885	Außerordentlicher Professor für theoretische Physik an der Universität Kiel
1889	Außerordentlicher Professor an der Universität Berlin, Übersiedlung nach Berlin
1893	Ordentlicher Professor für theoretische Physik an der Universität Berlin. Erste Veröffentlichung der „Vorlesungen über Thermodynamik“ (10. überarbeitete Auflage erschien noch 1954!)
1894	Wahl zum ordentlichen Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften
1895 bis 1896	Auseinandersetzungen mit der Energetik OSTWALDS. PLANCK beginnt seine Arbeiten zur Wärmestrahlung
1900	14. Dezember, Herleitung der Strahlungsgleichung, Einführung des elementaren Wirkungsquantums. In der Folgezeit erfolglose Versuche PLANCKS zum Einbau der Quantenvorstellung in die klassische Physik; sie bringen jedoch neue Erkenntnisse über den 3. Hauptsatz und zur Nullpunktsenergie
1908	Beginn der Auseinandersetzungen mit dem Positivismus MACHS
1912	Wahl zum Beständigen Sekretar der Physikalisch-Mathematischen Klasse der Akademie der Wissenschaften (bis 1938)
1913	Wahl zum Rektor der Universität Berlin
1920	Nobelpreis für Physik
1926	PLANCK tritt in den Ruhestand; Beginn einer umfangreichen Vortragstätigkeit
1930 bis 1937	Präsident der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften
1947	4. Oktober, PLANCK stirbt in Göttingen

Literaturverzeichnis zu MAX PLANCK

- [1] Planck, M.: Wissenschaftliche Selbstbiographie. 4. Aufl., Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1967.

- [2] Grabow, R.: Zur Vorgeschichte der Planckschen Strahlungsgleichung. In: „Physik in der Schule“, Berlin 13 (1975) 12, S. 521 (Teil I), 14 (1976) 1/2, S. 10 (Teil II).
- [3] Schöpf, H.-G.: Von Kirchhoff bis Planck. Theorie der Wärmestrahlung in historisch-kritischer Darstellung, Wissenschaftliche Taschenbücher, Bd. 193, Akademie-Verlag, Berlin o. J. (1978).
- [4] Planck, M.: Die Entstehung und bisherige Entwicklung der Quantentheorie, Nobel-Vortrag. Leipzig 1920.
- [5] Planck, M.: Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 2 (1900) S. 237 bis 245.
- [6] Herneck, F.: Bahnbrecher des Atomzeitalters. Buchverlag Der Morgen, Berlin 1965.
- [7] Vogel, H.: Max Planck. In: Von Liebig zu Laue. Ethos und Weltbild großer deutscher Naturforscher und Ärzte. Hrsg. v. O. Finger und F. Herneck, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963.
- [8] Laue, M. v.: Zu Max Plancks 100. Geburtstag. In: Max Planck zum Gedenken. Hrsg. v. der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Akademie-Verlag, Berlin 1959.
- [9] Planck, M.: Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaften. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1965 (siebente mit der zweiten von 1947 übereinstimmende Auflage).

WILHELM CONRAD RÖNTGEN (1845 bis 1923)

Als WILHELM CONRAD RÖNTGEN am 10. Februar 1923 in München starb, war ein Forscherleben zu Ende gegangen, das in besonderem Maße am Fortschritt der Physik teilgehabt hatte. Geprägt durch die Auffassungen der klassischen Physik des 19. Jahrhunderts, leistete RÖNTGEN mit seinen Entdeckungen einen Beitrag zu deren Überwindung und zur Herausbildung der Physik unserer Tage. Einen Höhepunkt erreichte seine Arbeit mit der Entdeckung „einer neuen Art von Strahlen“ am 8. November 1895. Er gab ihnen den Namen „X-Strahlen“, und heute sind sie als Röntgenstrahlen jedermann bekannt.

Über den Beginn seines „Physiker-Lebens“ schrieb RÖNTGEN: „Ich hatte zwar zwei Diplome – eines als Ingenieur und das zweite als Dr. phil. – in den Händen, konnte mich aber gar nicht entschließen, in die Technik zu gehen, was der ursprünglich beabsichtigte Plan war ... mit 24 Jahren und so halb und halb schon verlobt, fing ich dann an, Physik zu studieren und zu treiben. Ihr blieb ich treu, ...“ [1; S. 121] Es waren mehr als 50 Jahre, in denen RÖNTGEN der Physik seine ganze Arbeitskraft widmete.

WILHELM CONRAD RÖNTGEN erblickte am 27. März 1845 in Lennep, einem Ort in der Nähe von Düsseldorf, das Licht der Welt. Sein Vater, der Kaufmann und Tuchfabrikant FRIEDRICH CONRAD RÖNTGEN, und seine Mutter, CHARLOTTE CONSTANZE RÖNTGEN-FROWEIN, verlegten ihren Wohnsitz im Jahre 1848 aus heute nicht mehr erkennbaren Gründen nach Holland. So verbrachte der Sohn seine Kindheit in Appeldoorn und besuchte dort die Schule.

Ab 1862 wohnte RÖNTGEN in Utrecht und war Schüler der Technischen Schule dieser Stadt. Nach einem Jugendstreich – ein Mitschüler hatte die Karikatur eines



RÖNTGEN als Schüler

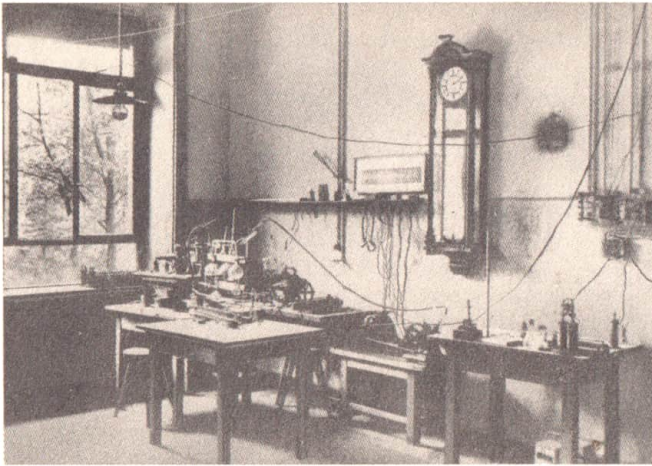
Lehrers gezeichnet, und RÖNTGEN weigerte sich, den Namen des Schuldigen zu nennen – wurde RÖNTGEN 1863 von der Schule gewiesen und vervollkommnete seine Bildung durch Privatstudien. Sein Versuch, durch eine Sonderprüfung das Reifezeugnis zu erlangen, scheiterte ebenfalls. So war es ein glücklicher Zufall, daß er in der Zeit, in der er einige naturwissenschaftliche Vorlesungen an der Universität Utrecht besuchte, davon erfuhr, daß es am Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich möglich war, auch ohne Reifezeugnis nach einer Aufnahmeprüfung das Studium zu beginnen.

Ab Herbst 1865 studierte RÖNTGEN an der Mechanisch-Technischen Abteilung des Polytechnikums Maschinenbau.

Aber nicht nur mit Mathematik, Physik und den Maschinenwissenschaften beschäftigte sich RÖNTGEN in den drei Studienjahren bis zum „Diplom als Maschineningenieur der Eidgenössischen polytechnischen Schule“, sondern auch mit Geschichte, Kunst und Literatur, überhaupt bewegten sich seine Interessen nach anstrengender Arbeit häufig auch fern der Wissenschaften. Er betätigte sich leidenschaftlich als Bergsteiger und Jäger, trieb verschiedene Sportarten und fühlte sich mit den Schweizer Bergen, besonders dem Engadin, ein Leben lang eng verbunden. Eine Vielzahl seiner späteren Briefe trugen als Absender den Namen des Schweizer Urlaubsortes Pontresina.

Noch als Student in Zürich lernte RÖNTGEN seine spätere Frau kennen. Die 1872 geschlossene Ehe blieb kinderlos. Es unterstreicht den Familiensinn RÖNTGENS, daß er zusammen mit seiner Frau eine Nichte als Pflegetochter aufnahm und später adoptierte.

Bereits 1869, ein Jahr nach dem Abschluß seines Ingenieurstudiums, legte RÖNTGEN eine selbständig verfaßte wissenschaftliche Arbeit vor. Sie trug den Titel „Studien über Gase“, wurde von der Philosophischen Fakultät der Universität Zürich angenommen und brachte ihm den Titel eines Doktors der Philosophie. Das war auch jene Zeit, in der eine Begegnung mit dem Physiker AUGUST KUNDT das Inter-



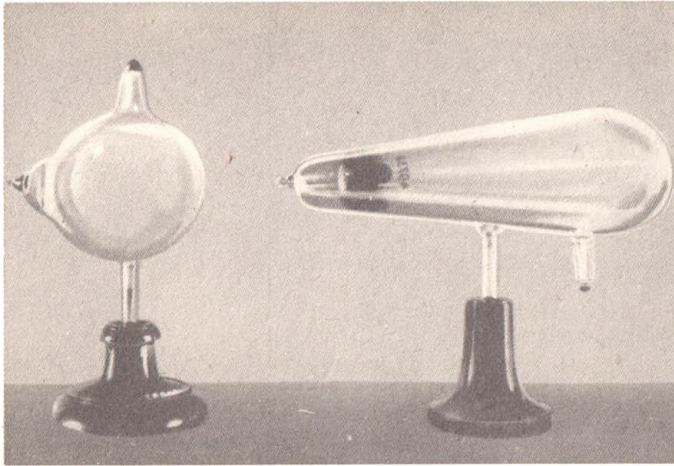
Laboratorium
des
Würzburger Instituts,
in dem RÖNTGEN
die X-Strahlen
entdeckte

esse RÖNTGENS für die Physik weckte. KUNDT hatte sich durch ein 1866 gefundenes Verfahren zur Untersuchung der Schallgeschwindigkeit in Gasen bereits einen Namen gemacht.

Als Assistent von KUNDT hatte RÖNTGEN erstmals Gelegenheit, sich ausgiebig mit der Experimentalphysik zu befassen. Diese Beschäftigung fand auch keine Unterbrechung, als KUNDT 1870 auf den physikalischen Lehrstuhl der Universität Würzburg berufen wurde und RÖNTGEN ihm dorthin folgte. Hier wurde der junge Wissenschaftler deutlich mit den strengen Sitten einer traditionsreichen Alma mater konfrontiert, als ihm auf Grund des fehlenden Reifezeugnisses – ein Umstand, der in Zürich keine Rolle gespielt hatte – die Möglichkeit der Habilitation verweigert wurde. Er war deshalb froh darüber, daß er anlässlich der Berufung KUNDTS im Jahre 1872 an die neue Reichsuniversität Straßburg als dessen Assistent ebenfalls an diese Bildungsstätte überwechseln konnte, die ihm nach zweijährigem erfolgreichem wissenschaftlichem Mühen Habilitation und Privatdozentur ermöglichte. Es sei daran erinnert, daß diese günstigen Bedingungen für RÖNTGEN aus den vorangegangenen einschneidenden politischen Wandlungen entstanden waren. Nach dem gewonnenen deutsch-französischen Krieg bedeutete die Neugründung der sogenannten Kaiser-Wilhelm-Universität in der vordem französischen Stadt Strassbourg einen demonstrativen Akt zur Dokumentation der chauvinistischen Gebietsansprüche des Deutschen Reiches.

Nach seiner Berufung als Professor veröffentlichte RÖNTGEN z. T. zusammen mit KUNDT eine Reihe wissenschaftlicher Ergebnisse, die in ihrer Thematik verschiedenen Gebieten der Physik zuzuordnen sind. Er berichtete u. a. von Untersuchungen über die spezifische Wärme der Gase, über die Wärmeleitung in Kristallen und über elektrische Entladungen unter verschiedenen Bedingungen. Das Niveau dieser Veröffentlichungen war sicher auch der wichtigste Anlaß dafür, daß RÖNTGEN 1879 an der Universität Gießen als Ordinarius der Physik berufen wurde.

Die sinnvolle Verbindung von Theorie und Experiment brachte dem Forscher in

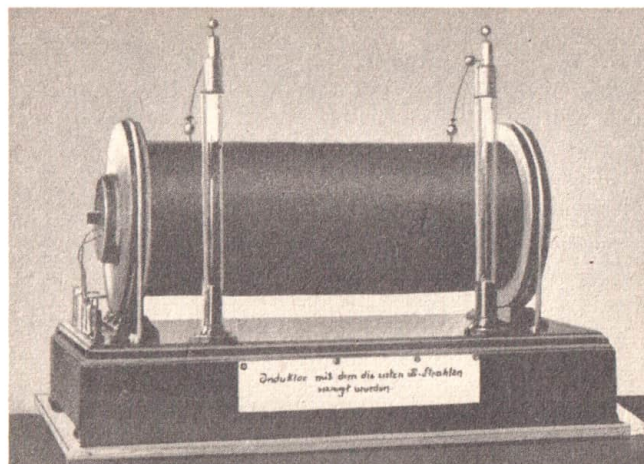


Von RÖNTGEN
benutzte
Gasentladungs-
röhren

Gießen größeren Erfolg. Ausgehend von der von FARADAY und MAXWELL begründeten Elektrodynamik, konnte er 1888 nachweisen, daß die Bewegung einer elektrischen Ladung im elektrischen Feld mit magnetischen Wirkungen verbunden ist. Die mit dieser Arbeit erzielten Ergebnisse sind den Grundlagen der modernen Elektrizitätslehre zuzuordnen. Die Entdeckung der später als „Röntgenstrom“ bezeichneten Erscheinung stellt eine bedeutende wissenschaftliche Leistung dar und hätte bereits ausgereicht, dem Wissenschaftler einen Platz in der Geschichte der Physik zu sichern. Sie wurde in RÖNTGENS Gießener Jahren durch zahlreiche weitere Veröffentlichungen ergänzt, darunter zum Einfluß des elektrischen Feldes auf die Ausbreitung des Lichtes und auf das Verhalten von Quarzkristallen. Bereits in dieser Zeit gehörte selbständiges und einsames Arbeiten zum Stil seiner Untersuchungen, eine Eigenschaft, die er sein ganzes Leben beibehielt. Nichts wurde veröffentlicht, bevor die Richtigkeit und Exaktheit der in den Experimenten erzielten Resultate nicht hundertprozentig feststand. Mehrfach erfuhren seine Mitarbeiter erst aus der Literatur, was RÖNTGEN tatsächlich untersucht und erreicht hatte.

Nachdem er 1886 einen Ruf nach Jena und 1888 einen ebensolchen nach Utrecht abgelehnt hatte, folgte der Forscher nach zehnjährigem erfolgreichem Wirken in Gießen einer Berufung an die Universität Würzburg als nunmehr weithin anerkannter Vertreter der Experimentalphysik.

Ab 1889 beschrieb RÖNTGEN in insgesamt 15 Veröffentlichungen verschiedene von ihm durchgeführte Untersuchungen, bis er 1894 begann, seine Arbeit auf Experimente mit Gasentladungsröhren zu konzentrieren. Im selben Jahr wurde er infolge seines hohen Ansehens, das er sich bis zu diesem Zeitpunkt erworben hatte, zum Rektor der Würzburger Universität gewählt. Die Untersuchung von Kathodenstrahlen, der sich RÖNTGEN – wie auch zahlreiche andere Forscher – in jenen Jahren widmete, führte schließlich zu seiner großen Entdeckung. Obwohl die Vermutungen, Analysen und Spekulationen über den tatsächlichen Hergang der entscheidenden Versuche bis in die jüngste Vergangenheit andauerten (die meisten noch



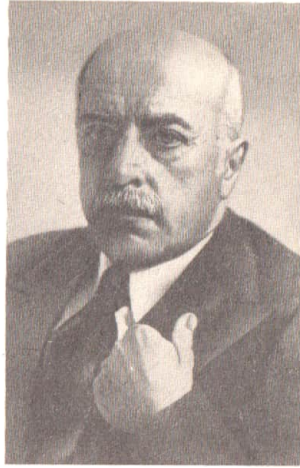
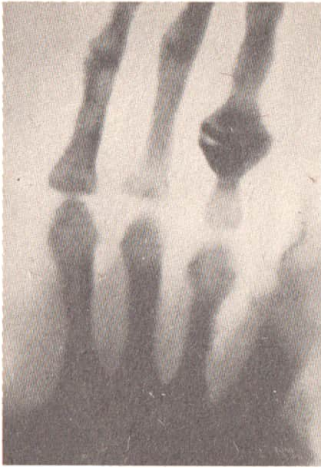
Von RÖNTGEN
benutzter
Funkeninduktor

unveröffentlichten Unterlagen aus der Zeit der Entdeckung und danach wurden entsprechend dem Wunsche des Forschers nach seinem Tode verbrannt), geht aus den zahlreichen über das Leben und Wirken von RÖNTGEN erhalten gebliebenen Dokumenten hervor: Wenn auch die Wirkungen der X-Strahlen von ihm zufällig – durch die beobachtete Schwärzung lichtdicht verschlossener Photoplatten – entdeckt worden sind, so wurden die Strahlen selbst doch nicht zufällig von RÖNTGEN entdeckt. Voraussetzungen waren die in seiner wissenschaftlichen Laufbahn erworbene exakte Arbeitsweise, die saubere Experimentierkunst und die Fähigkeit zu logischen und scharfsinnigen Schlußfolgerungen über die im Experiment beobachteten Erscheinungen.

Er selbst berichtete in einer ersten Mitteilung vom Dezember 1895 darüber, daß man lediglich eine mit schwarzem Karton umschlossene Vakuumröhre benötigt, durch die man die Entladungen eines größeren Funkeninduktors schickt, um in einem völlig verdunkelten Raum auf einem Leuchtschirm die Wirkungen der Strahlen zu beobachten. In dieser und zwei weiteren Mitteilungen [2] beschreibt RÖNTGEN die neuen Strahlen und ihre Eigenschaften so umfassend, daß in den unmittelbar folgenden Jahren trotz einer Flut von Untersuchungen und Veröffentlichungen in aller Welt kaum Neues hinzugefügt werden konnte.

Die praktischen Auswirkungen seiner Entdeckung hatte RÖNTGEN offensichtlich schon frühzeitig erkannt. Die erste von ihm angefertigte Aufnahme des Knochengerstes einer Hand stammt vom 22. Dezember 1895. Bereits 1896 wurden die Strahlen an vielen Orten zur medizinischen Diagnostik, später auch zur Therapie eingesetzt. Nur selten gibt es bisher in der Geschichte der Erfindungen und Entdeckungen eine ähnlich rasche Nutzung neuer Erkenntnisse in der Praxis.

Die Anwendung für die Prüfung von Werkstoffen muß für RÖNTGEN selbstverständlich gewesen sein, nachdem er schon in der ersten Mitteilung ausführlich die Durchlässigkeit für die X-Strahlen bei verschiedenen Materialien geschildert, einander gegenübergestellt und die Dichte des Stoffes als wesentliche Eigenschaft in



Aufnahme
der Hand
von
RÖNTGENS Frau

MAX VON LAUE

sondern es gelang ebenso, durch die Anwendung von Röntgenstrahlen bekannter Wellenlänge den molekularen Aufbau vieler Stoffe aufzuklären (Röntgenspektroskopie). Ebenso wie in diesem Falle wurden die Röntgenstrahlen Ausgangspunkt oder Mittel zur Beantwortung zahlreicher theoretischer und experimenteller Fragestellungen im Rahmen der physikalischen Forschung unseres Jahrhunderts.

Nach seiner Entdeckung wurde WILHELM CONRAD RÖNTGEN mit Ehrungen überhäuft. 1901 erhielt er den erstmalig vergebenen Nobelpreis für Physik. Schon 1900 war er von Würzburg aus einem Ruf an die Universität München gefolgt, leitete dort als Direktor das Physikalische Institut und daneben die Physikalisch-Metronomische Sammlung.

Zahlreiche Untersuchungsergebnisse (allerdings nur noch wenige Veröffentlichungen) entstanden in Zusammenarbeit mit dem bekannten sowjetischen Physiker JOFFE, der damals noch sein Assistent war. Von ihm besitzen wir auch eine Einschätzung der politischen Ansichten RÖNTGENS. [3; S. 34]

JOFFE bezeichnete sie als liberal. RÖNTGEN lehnte die klerikalen und reaktionären politischen Strömungen seiner Zeit ab und verurteilte die Monarchie. Er war Gegner der zaristischen Herrschaft in Rußland. In Briefen an Bekannte und Freunde wandte er sich gegen antisemitische und rassistische Auswüchse. Ebenso wenig hatte er jedoch Verständnis für das Wollen der Kommunisten. Der Novemberrevolution im Jahre 1918 stand er verständnislos und passiv gegenüber. Die politische Ahnungslosigkeit teilte er leider mit vielen Vertretern seiner Wissenschaftsgeneration.

In den letzten Jahren seines Lebens fühlte sich der Entdecker der X-Strahlen sehr einsam. Besonders nach dem Tode seiner Frau im Jahre 1919 sank seine Arbeits- und Lebensfreude

1920 gab er das Lehramt auf und beschränkte seine Arbeit bis zu seinem Tode auf die Physikalisch-Metronomische Sammlung.



RÖNTGEN
als Rektor der Universität Würzburg
im Jahre 1894

Lebensdaten zu WILHELM CONRAD RÖNTGEN

1845	am 27. März in Lennep bei Düsseldorf geboren
1865	RÖNTGEN studiert am Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich
1868	RÖNTGEN erhält das Diplom als Maschineningenieur
1869	Promotion mit der Arbeit „Studien über Gase“, Assistent des Physikers KUNDT
1870	RÖNTGEN folgt KUNDT an die Universität Würzburg
1872	Heirat mit BERTA LUDWIG. RÖNTGEN folgt KUNDT an die Universität Straßburg
1874	Habilitation und Privatdozentur
1879	Berufung als Ordinarius der Physik an die Universität Gießen
1888	Entdeckung des „Röntgenstromes“, RÖNTGEN wird als Nachfolger von FRIEDRICH KOHLRAUSCH Ordinarius der Physik an der Universität Würzburg
1894	Wahl zum Rektor der Universität Würzburg
1895	8. November, RÖNTGEN entdeckt die „X-Strahlen“. 28. Dezember, erste Mitteilung „Über eine neue Art von Strahlen“
1900	Ruf an die Universität München, Direktor des Physikalischen Instituts
1901	RÖNTGEN erhält den ersten Nobelpreis für Physik
1920	RÖNTGEN gibt das Lehramt auf
1923	10. Februar, RÖNTGEN stirbt in München

Literaturverzeichnis zu WILHELM CONRAD RÖNTGEN

- [1] Glasser, O.: Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen. Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1959.
- [2] Röntgen, W. C.: Grundlegende Abhandlungen über die X-Strahlen. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1954 (enthält die drei Mitteilungen Röntgens vom Dezember 1895, vom März 1896, vom März 1897).

- [3] Joffe, A. F.: *Begegnungen mit Physikern*. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1967, S. 16 ff.
- [4] Röntgen, W. C.: *Briefe an L. Zehnder*. Rascher & Cie., Zürich/Leipzig/Stuttgart 1935.
- [5] Debye, P.: *Röntgen und seine Entdeckung*. In: *Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte*, Berlin 6 (1934) 4, S. 83 bis 99.
- [6] Beier, W.: *Wilhelm Conrad Röntgen*. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1970.
- [7] Herneck, F.: *Bahnbrecher des Atomzeitalters*. Buchverlag Der Morgen, Berlin 1977.

ABRAM FEDOROWITSCH JOFFE (1880 bis 1960)

Als LENIN 1918 den „Entwurf eines Planes wissenschaftlich-technischer Arbeiten“ für die Akademie der Wissenschaften verfaßte, war A. F. JOFFE einer der ersten, der die neuen Möglichkeiten, die die Oktoberrevolution auch der Wissenschaftsentwicklung bot, erkannte und sich, ohne zu zögern, in den Dienst der Sowjetregierung stellte.

Als ausgezeichnete Experimentalphysiker auf dem Gebiet der Festkörperphysik erlangte er internationale Anerkennung, als einer der Hauptorganisatoren der sowjetischen Physik in den zwanziger und dreißiger Jahren erwarb er sich bleibende Verdienste, als Nestor der Leningrader Physikerschule lebt er im Werk einer Vielzahl von Schülern fort.

ABRAM FEDOROWITSCH JOFFE wurde am 29. Oktober 1880 in Romny, einer ukrainischen Kleinstadt, in der Familie eines Bankangestellten geboren. Von 1888 bis 1897 besuchte er dort das Realgymnasium. Bereits hier begann er sich besonders für physikalische Fragen zu interessieren, und so stellte er in seinem autobiographischen Abriss fest, daß zwei Probleme, die ihn schon während der Schulzeit beschäftigten, praktisch seine gesamte wissenschaftliche Tätigkeit beeinflussten [3; S. 231]: eines betraf die Wellenbewegung des Lichtes nach der damals noch anerkannten Ätherhypothese – JOFFE kamen Zweifel an deren Allgemeingültigkeit; das andere betraf die Ursachen der Geruchsempfindung.

Nach dem Examen bezog er 1897 das Technologische Institut in Petersburg, eine der wenigen Stellen, wo man in Rußland Physik studieren konnte. Bereits mit 18 Jahren leitete er im Praktikum den Bau einer Eisenbahnbrücke fast selbständig. Wegen der Teilnahme an Studentenunruhen gegen die zaristische Herrschaft wurde er mehrfach zeitweilig vom Studium ausgeschlossen, beendete aber trotzdem 1902 sein Studium als Ingenieur-Technologe.

JOFFES Physikprofessor riet ihm, zum weiteren Studium der Experimentalphysik nach München zu gehen, wo RÖNTGEN wirkte. Nach der Absolvierung des dortigen Physikalischen Praktikums hatte RÖNTGEN bald die Begabung JOFFES erkannt und ihn zu seinem Assistenten gemacht. Im Juni 1905 verteidigte JOFFE bei RÖNTGEN seine Dissertation über „Elastische Nachwirkung im kristallinen Quarz“ mit „summa cum laude“ – eine Bewertung, die seit mehreren Jahren nicht mehr vergeben worden war.



Als JOFFE im Sommer 1906 nach Rußland reiste und die reaktionären Folgen der gescheiterten Revolution von 1905 sah, entschloß er sich, nicht nach München zurückzukehren. Seit seiner Studentenzeit hatte er sich mit marxistisch-materialistischen Studien beschäftigt (so hatte er PLECHANOW und auch etwas MARX gelesen und erkannte beispielsweise die in München gehörten Vorlesungen zur Thermodynamik als Bestätigung des dialektischen Materialismus). Nun betrachtete er es als eine seiner Aufgaben mitzuwirken, daß die russische Intelligenz nicht der Reaktion verfiel. JOFFE wurde Mitarbeiter am neugegründeten Polytechnischen Institut in Petersburg, fuhr aber regelmäßig zweimal im Jahr nach München, um gemeinsame Versuche mit RÖNTGEN über die elektrische Leitfähigkeit von Kristallen und den Einfluß der Bestrahlung fortzusetzen. Die geplante gemeinsame größere Veröffentlichung scheiterte jedoch an der zaudernden Haltung RÖNTGENS bezüglich der Begründung ihrer Feststellungen, und zwischen 1913 und 1923 erschienen dann nur einige Teildarstellungen dazu.

Weitere Arbeiten über den äußeren Fotoeffekt führte JOFFE auch in Petersburg durch, lieferte einen Beitrag zur Begründung der Quantennatur des Lichtes, studierte den elementaren fotoelektrischen Effekt und habilitierte sich 1915 mit einer Arbeit über elastische und elektrische Eigenschaften des Quarzes.

Bedeutsam für ihn und die Entwicklung der russischen Physik war die noch von München herrührende Freundschaft mit EHRENFEST, der von 1907 bis 1912 in Petersburg wirkte. Die in Petersburg betriebene akademische Physik war „veraltet“ und schulmäßig; JOFFE und EHRENFEST ist es in Gemeinschaft mit einigen weiteren jungen Physikern zu danken, daß sich nun vor allem auch die theoretische Physik etablierte.

Seit 1913 war JOFFE Dozent am Polytechnischen Institut. Auch unter den Bedingungen des ersten Weltkrieges versuchte er, den Lehr- und Forschungsbetrieb aufrechtzuerhalten, und 1916 organisierte er ein Seminar über moderne Fragen der Physik, an dem u. a. seine Schüler DORFMAN, FRENKEL, KAPIZA und SEMJONOW teil-



nahmen. Diese Gruppe bildete zugleich den Kern des nach der Oktoberrevolution gegründeten Physikalisch-Technischen Instituts.

JOFFE ging davon aus, daß „... die Physik zur Basis der künftigen sozialistischen Technik...“ werden müsse [3; S. 240]. Voraussetzung war, dafür die wissenschaftliche Basis zu schaffen und junge Kader heranzubilden. Bereits im Januar 1919 organisierte JOFFE in Petrograd einen Physikerkongreß mit mehr als hundert Teilnehmern aus dem ganzen Land. 1920 wurde JOFFE Akademiemitglied.

In den Jahren 1921 bis 1922 fuhr er wieder ins Ausland, diesmal, um im Auftrag der Sowjetregierung wissenschaftliche Kontakte zu knüpfen. „In der Tat hatte ich einen schweren Anfang ... Aber in unseren Personen standen vor der westlichen Welt von früher bekannte Physiker, die erzählten, wie in diesen drei Jahren die wissenschaftliche Tätigkeit sich entwickelt und wie die Sowjetmacht neue physikalische Institute errichtet hatte ... Diese Beziehungen verbesserten sich weiterhin in dem Maße, wie die sowjetische Physik wuchs und wie sich die Begegnungen sowjetischer und ausländischer Gelehrter vervielfachten“, schrieb er rückblickend. [1; S. 139f.] Ein wichtiges Anliegen dabei war ihm, junge Physiker sich im Ausland weiterbilden zu lassen, und eine besondere Unterstützung erhielt er dabei von EHRENFEST, der inzwischen Professor in Leiden war. (vgl. [4])

Als Vorsitzender der Fachgruppe Physik im Bereich Mathematik und Naturwissenschaften der Akademie der Wissenschaften der UdSSR wurde JOFFE praktisch zum Organisator der physikalischen Lehre und Forschung in der Sowjetunion. Dabei behielt er stets die Einheit von Grundlagen- und angewandter Forschung im Auge und erkannte, daß die Physik nur dann wirklich praxiswirksam werden kann, wenn sie ausreichend theoretisch und experimentell fundiert ist. So setzte er in den zwanziger Jahren u. a. durch, daß in seinem Institut auch Atomphysik betrieben wurde – ein Gebiet, von dem praktische Anwendungen noch nicht abzusehen waren.

In seiner Forschungsarbeit befaßte sich JOFFE in den zwanziger Jahren vor allem



JOFFE
 (2. v. r.)
 und EHRENFEST
 (2. v. l.)
 1924
 mit jungen
 sowjetischen
 Physikern

mit den elektrischen Eigenschaften der Dielektrika. Das war ein Problem, das auch in technischer Hinsicht – in bezug auf die durchzuführende Elektrifizierung des Landes – von großer Bedeutung war. Die grundlegenden Forschungsarbeiten seiner Schüler KURTSCHATOW u. a. über Ferroelektrizität Anfang der dreißiger Jahre gehen auf diese Vorarbeiten zurück. Überhaupt leitete JOFFE in dieser Zeit fast alle Forschungsarbeiten im Institut selbst an, was von ihm erforderte, die Physik in ihrer ganzen Breite zu verfolgen. Zugleich bemühte er sich mit einigen seiner mehr theoretisch arbeitenden Schüler, z. B. FRENKEL, auch die philosophischen Fragen der modernen Physik von einem materialistisch-dialektischen Standpunkt aus zu erörtern.

1927 weilte JOFFE zu Gastvorlesungen über Kristallphysik in den USA (California-Universität); zwischen 1924 und 1933 nahm er an den Solvay-Kongressen teil, auf denen die namhaftesten Physiker aktuelle Fragen der physikalischen Grundlagenforschung diskutierten.

Die strategische Entwicklung der internationalen Forschung genau verfolgend, regte JOFFE Anfang der dreißiger Jahre die sowjetischen Physiker an, sich mit den elektrischen Leitungsproblemen in Halbleitern zu beschäftigen. Er hatte erkannt, daß sie für die zukünftige Technik eine große Rolle spielen könnten: „Halbleiter repräsentieren eine neue Stufe der Technik. Dieses Gebiet ist zur Zeit eines der Schlüsselprobleme in Physik und Technik“, sagte er 1931 auf einer Tagung sowjetischer Physiker. Auch selbst widmete er sich diesem Forschungsgebiet sehr intensiv und befaßte sich vor allem mit Fragen der Gleichrichtung. 1931 erarbeitete er mit FRENKEL eine Theorie der Gleichrichtung am Kontakt Metall-Halbleiter. Auf Grund seiner experimentellen Ergebnisse (zum Teil gemeinsam mit seiner Frau erarbeitet) konnten Ende der dreißiger Jahre DAWYDOW und BLOCHINZEW eine Reihe theoretischer Fragen zur Gleichrichtung u. a. beim Kontakt Halbleiter-Halbleiter (p-n-Übergang) klären. Nach dem Kriege widmete sich JOFFE vor allem Fragen des Zusammenhangs von Energiespektrum des Halbleiters und Fern- und Nahordnun-



Beratung
im Präsidium
der AdW der UdSSR
mit KURTSCHATOW
(Mitte)
und KAPIZA

gen im Kristallgitterbau. 1952 wurde er Direktor des neugegründeten Laboratoriums (ab 1954 Institut) für Halbleiterphysik der AdW der UdSSR.

Weitere wichtige Beiträge leisteten JOFFE und seine Schüler auf dem Gebiet der Thermoelektrizität. Ihre Arbeiten trugen dazu bei, Kälteanlagen unter Nutzung des Peltier-Effektes zu entwickeln.

Seine Beiträge zur Funktechnik, kosmischen Strahlung, Hochspannungs- und Vakuumtechnik, Biophysik können hier nur summarisch erwähnt werden, um die Breite seines Schaffens zu charakterisieren. Dabei hatte er sowohl hervorragende selbständige Arbeiten aufzuweisen als auch solche, die aus gemeinsamer Arbeit mit verschiedenen Kollektiven entstanden.

JOFFE wurde für seine wissenschaftlichen und organisatorischen Leistungen mit vielen nationalen und internationalen Ehrungen bedacht. Er war Staatspreisträger, erhielt zweimal den Leninorden und andere Auszeichnungen; seit 1928 gehörte er auch der Berliner Akademie der Wissenschaften an. Aus Protest gegen den Faschismus trat er 1938 aus und stimmte dann 1956 der Wiederaufnahme zu. Er war Ehrendoktor mehrerer Universitäten.

Bis zum Lebensende war JOFFE aktiv in der Forschung und Wissenschaftsleitung tätig. Noch im Sommer 1960 sprach er auf der internationalen Halbleiterkonferenz in Prag über „Neue Wege des Studiums von Halbleitern“. Nur wenige Wochen darauf, am 14. Oktober 1960, verstarb in Leningrad der „Vater der sowjetischen Halbleiterphysik“ (wie er vielfach genannt wird), einer der hervorragendsten Repräsentanten der modernen Naturwissenschaft und eifrigsten Organisatoren ihrer Entwicklung in den ersten Dezennien des Sowjetstaates.



JOFFE (2. v. l.)
bei den Feierlichkeiten anlässlich
des 100. Geburtstages von MAX PLANCK 1958
in der Physikalischen Gesellschaft Berlin
im Gespräch mit MAX VON LAUE

Lebensdaten zu ABRAM FEDOROWITSCH JOFFE

1880	am 29. Oktober in Romny geboren
1897	Studium am Technologischen Institut Petersburg
1902	Schüler (ab 1905 Assistent) RÖNTGENS in München
1905	Promotion bei RÖNTGEN
1906	Assistent am Polytechnischen Institut in Petersburg
1915	Habilitation
1918	Gründung des Physikalisch-Technischen Instituts (ab 1921 unter dieser Bezeichnung) in Petrograd durch JOFFE
1920	Mitglied der AdW der UdSSR; Organisator der sowjetischen Physik
um 1930	Aufnahme der Arbeiten zur Halbleiterproblematik
1952	Direktor des neugegründeten Instituts für Halbleiterphysik
1960	am 14. Oktober in Leningrad gestorben

Literaturverzeichnis zu ABRAM FEDOROWITSCH JOFFE

- [1] Joffe, A. F.: Begegnungen mit Physikern. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1967 (2. Auflage).
- [2] Joffe, A. F.: Isbrannye trudy. Isdatelstwo Nauka, Leningrad 1974/75 (2 Bände).
- [3] Joffe, A. F.: O fizike i fizikach. Isdatelstwo Nauka, Leningrad 1977.
- [4] Kant, H.: Genialer Kritiker und beliebter Diskussionspartner – Paul Ehrenfest und die Physik des 20. Jahrhunderts. Physik in der Schule 18 (1980) 3, S. 81 bis 88.
- [5] Kant, H.: Aus der Biographie Joffes und Betrachtungen zu seinem wissenschaftsorganisatorischen und -strategischen Wirken. Manuskriptdruck Kolloquienreihe ITW der AdW der DDR Berlin, H. 23/1981, S. 123 bis 138.
- [6] Kikoin, I. K., Sominski, M. S.: Abram Fedorowitsch Joffe k wosmidejatiletiju so dnja roshdenija. Uspechi fisitscheskich nauk. (Moskwa) 72 (1960) 2, S. 307–321.
- [7] Mielke, H.: „...die Wissenschaft marxistisch zu verstehen“ – Zur weltanschaulichen Haltung A. F. Joffes. Wissenschaft und Fortschritt (Berlin) 27 (1977) 11, S. 501 bis 505.

- [8] Schreier, W.: Jakow Iljitsch Frenkel. Physik in der Schule 12 (1974) 1, S. 7 bis 10.
- [9] Thiessen, K.: Die „alma mater der sowjetischen Physik“ – Erinnerungen an Abram F. Joffe. Wissenschaft und Fortschritt (Berlin) 27 (1977) 10, S. 439 bis 441.
- [10] Sominski, M. S.: Abram Fedorowitsch Joffe. Isdatelstwo Nauka, Moskwa/Leningrad 1964.
- [11] Wospominanija ob A. F. Joffe. Isdatelstwo Nauka, Leningrad 1973.
- [12] Schreier, W.: Die Begründer der sowjetischen Physik. Physik in der Schule (Berlin) 10 (1972) 12, S. 513 bis 523.

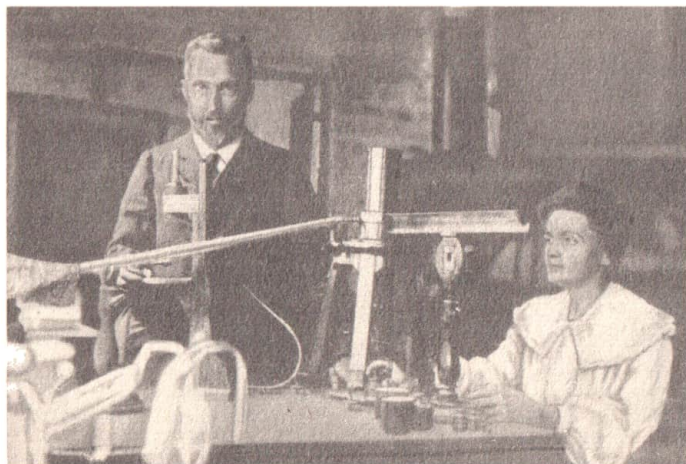
MARIE SKLODOWSKA-CURIE (1867 bis 1934) und PIERRE CURIE (1859 bis 1906)

MARIE CURIE gehört zu den herausragenden Frauenpersönlichkeiten der Wissenschaftsgeschichte und zugleich zu den bedeutendsten Forschern auf dem Gebiet der Naturwissenschaften des 19. und 20. Jahrhunderts. Zusammen mit ihrem Ehemann PIERRE CURIE – der selbst an der Entdeckung der Piezoelektrizität und an der Aufstellung von Grundgesetzen über den Magnetismus beteiligt war – entdeckte sie die radioaktiven Elemente Polonium und Radium und leistete mit ihren Untersuchungen einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis der Radioaktivität sowie zur Begründung der Radiologie.

MARIE wurde am 7. November 1867 in Warschau als letztes von fünf Kindern der Familie SKLODOWSKI geboren. Der Vater arbeitete als Physik- und Mathematiklehrer, die Mutter war Leiterin einer Mädchenschule, starb jedoch bereits mit 42 Jahren, als Marie 9 Jahre alt war.

Große Teile Polens wurden zu dieser Zeit durch die zaristische Herrschaft unterdrückt. Besonders die Jugend litt unter den beschränkten Möglichkeiten zur Pflege der polnischen Sprache und Kultur. Der Vater Maries war es, der seine Kinder im Geiste polnischer Traditionen erzog und es verstand, ihre patriotischen Gefühle zu stärken. Marie, die Neigungen zur Literatur entwickelte, Französisch, Russisch, Deutsch und Englisch gelernt hatte, verließ im Jahre 1883 als beste Schülerin und Trägerin einer Goldmedaille das Gymnasium. Um einen Beitrag zum väterlichen Finanzhaushalt zu leisten, arbeitete sie mit 17 Jahren als Hauslehrerin in Warschau. Sie wurde in dieser Zeit vom Positivismus beeinflusst, einer idealistischen Strömung, die ihre Vertreter vor allem im polnischen Bürgertum fand. Auf dieser Grundlage und durch den Besuch von Vorlesungen der sogenannten „Fliegenden Universität“ – einer illegalen Institution, gedacht als natürlich nur unzureichender Ausgleich für fehlende polnische Hochschulen – wuchs das Interesse Maries für die Naturwissenschaften besonders rasch. Mit 24 Jahren begann sie im Herbst 1891 das Studium an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Sorbonne.

In Paris arbeitete Marie außerordentlich fleißig, zeitweise bis zur Erschöpfung, und lebte dabei sparsam und bescheiden. Nach zwei Jahren bewältigte sie als Beste die Prüfung in Physik und erhielt durch die Bemühungen einer Freundin ein in Po-



PIERRE
und
MARIE CURIE

len für begabte Auslandsstudenten gestiftetes Stipendium von 600 Rubel, wodurch ihr die Entscheidung für eine Fortsetzung des Studiums sehr erleichtert wurde.

Die Bearbeitung ihres ersten wissenschaftlichen Themas führte Marie im Jahre 1894 mit dem jungen französischen Wissenschaftler PIERRE CURIE zusammen, sie heirateten ein Jahr später. Mit zwei Fahrrädern, gekauft von einem Geldgeschenk, unternahmen sie die Hochzeitsreise.

PIERRE CURIE war am 15. 5 1859 in Paris geboren worden. Sein Vater hatte sich als Arzt aktiv an der Pariser Commune beteiligt und seine fortschrittlichen Auffassungen auch seinen beiden Söhnen nahegebracht. Nachdem Pierre mit 16 Jahren die Reifeprüfung abgelegt hatte, absolvierte er das Studium der Physik und Chemie an der Pariser Universität. Als Marie ihn kennenlernte, war Pierre bereits fünf Jahre Assistent an der Sorbonne gewesen, Forschungen zur Wellenlänge der Infrarotstrahlung lagen hinter ihm, und zusammen mit seinem Bruder war er als Entdecker der Piezoelektrizität bekannt. Erfolgreiche Untersuchungen hatte er auch über den Zusammenhang zwischen Magnetismus und Temperatur (Curiepunkt) durchgeführt, Probleme seiner Doktorarbeit, die er 1895 abschloß.

Nach und nach wurde die Zusammenarbeit zwischen Pierre und Marie immer enger. Besonders beeindruckt war Marie von den Erscheinungen, mit denen zu Beginn des Jahres 1896 der Physiker HENRI BECQUEREL (1852 bis 1908), Professor an der Pariser Technischen Hochschule, die französische Akademie der Wissenschaften bekannt gemacht hatte.

BECQUEREL, der einer bekannten Physikerfamilie entstammte, hatte sich bis zu diesem Zeitpunkt bereits seit mehreren Jahren mit der Fluoreszenz beschäftigt. Nach der Entdeckung der X-Strahlen durch RÖNTGEN erhielten die Fragen nach den Ursachen, Wirkungen und Eigenschaften der verschiedenen Strahlenarten eine besondere Aktualität. Bei der Untersuchung von fluoreszierendem Uransalz mit Hilfe photographischer Platten fand BECQUEREL, daß es sich nicht – wie anfangs vermutet – um die Auswirkungen des Sonnenlichtes auf den für die Beobachtung



MARIE CURIE
als
Studentin

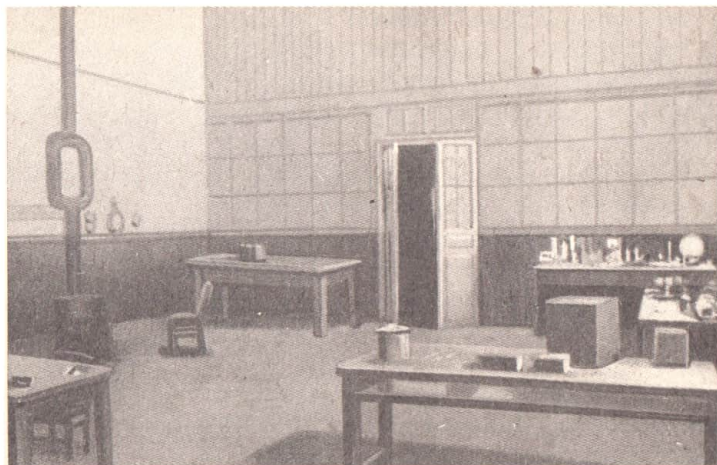


HENRI BECQUEREL

verwendeten Stoff handelte. Auch an den wolkenverhangenen Tagen, an denen BECQUEREL seine Experimente fortsetzte, hielt die Strahlungsintensität unvermindert, und zwar nach allen Richtungen hin, an. An der weiteren Analyse der neuen Uranstrahlen beteiligten sich zahlreiche Physiker, unter ihnen RUTHERFORD in England, GEIGER in Deutschland, aber auch MARIE und PIERRE CURIE in Frankreich. Ja, MARIE CURIE war es nun, die die Untersuchung der Strahlen des Uransalzes in den Mittelpunkt ihrer Arbeit für die Dissertation stellte.

An der Städtischen Schule für Physik und industrielle Chemie, an der ihr Ehepartner beschäftigt war, fand die junge Physikerin unter bescheidenen Bedingungen die Möglichkeit, die notwendigen experimentellen Arbeiten durchzuführen. Die Intensität der Strahlen bewirkte eine proportional erhöhte Leitfähigkeit der im Strahlenbereich befindlichen Luft und konnte – wie schon BECQUEREL ermittelt hatte – unmittelbar mit einem Elektroskop registriert werden. Marie beobachtete, daß neben dem Uransalz auch Thorium die gleiche Erscheinung hervorrief, die sie mit dem Begriff Radioaktivität bezeichnete. Nach und nach untersuchte sie auf diese Weise die gesamte Mineraliensammlung der Schule. Dabei stieß sie auf das interessante Ergebnis, daß eine Anzahl Mineralien eine Strahlenemission aufwies, die wesentlich über der enthaltenen Uran- oder Thoriummenge lag, zu dieser also in keinem proportionalen Verhältnis stand. Dafür gab es nur eine Erklärung. Es mußte eine weitere, wesentlich aktivere Substanz existieren.

PIERRE gab 1898 seine eigenen Forschungen auf, um seiner Frau bei der Suche nach dem neuen, strahlenintensiven Stoff zu helfen. In einem auffälligen Schuppen begannen beide mit der Analyse der Uranpechblende. Für die Beschaffung dieses auf den Abraumhalden der Bergwerke von Joachimsthal in Böhmen (heute Jachymov) vorhandenen Materials hatten sich die CURIES das Geld ihrer Lebensversicherung auszahlen lassen. Im Juli 1898 gelang den beiden Wissenschaftlern die Absonderung eines stark strahlenden Elementes mit charakteristischen chemischen Eigenschaften. Ihm gab Marie zu Ehren ihrer polnischen Heimat den Namen Polo-



Raum
in der Schule
für Physik
und
industrielle
Chemie,
in dem
MARIE
und PIERRE
gemeinsam
arbeiteten

nium. Wenige Monate später, im Dezember 1898, entdeckten beide das Element Radium mit noch stärkerer Strahlenaktivität.

Der nächste Schritt war nun die für die chemische Identifikation erforderliche Reindarstellung der neuen Grundstoffe. MARIE und PIERRE CURIE benötigten weitere vier Jahre, um in mühevoller Arbeit dieses Ziel zu erreichen. Madame CURIE sagte später: „In diesem dürftigen alten Schuppen verbrachten wir unsere besten und glücklichsten Jahre. Wir widmeten den ganzen Tag der Arbeit“ [1; S. 34], und, mit dem Hinweis auf die fehlende staatliche Unterstützung: „Hätten mir entsprechende Mittel zur Verfügung gestanden, so hätte dafür sicherlich ein Jahr gereicht. Das Ergebnis, das so viele Anstrengungen kostete, wurde zur Grundlage der neuen Lehre über die Radioaktivität.“ [1; S. 36]

In der Tat wurden durch das zunehmende bessere Verständnis der Erscheinung Radioaktivität die vorhandenen Vorstellungen über den atomaren Aufbau der Materie gründlich revidiert. Das Ehepaar CURIE konnte die von RUTHERFORD und anderen Gelehrten ermittelte Tatsache bestätigen, daß die radioaktive Strahlung aus drei verschiedenen Anteilen besteht, den positiv geladenen Alphastrahlen, den negativen Betastrahlen und der elektromagnetischen Gammastrahlung. Das waren exakte Hinweise auf eine besondere Struktur des Atoms. Die Diskussion über verschiedene Atommodelle kam in der Folgezeit rasch voran.

Nach und nach gerieten die Entdeckungen MARIE und PIERRE CURIES und ihre in diesem Zusammenhang erzielten Ergebnisse in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses. Vorerst erhielten sie jedoch nach wie vor keinerlei Unterstützung von den zuständigen staatlichen französischen Stellen. Wie vor ihnen WILHELM CONRAD RÖNTGEN, lehnten sie es ab, Patente zu beantragen und aus ihren Erkenntnissen oder aus dem Verkauf der gewonnenen Substanzen irgendeinen finanziellen Nutzen zu ziehen.

Im persönlichen Leben der beiden Gelehrten hatten sich inzwischen einige Veränderungen vollzogen. 1897 war die erste Tochter, Irene, geboren worden, und Ma-

rie fiel es schwer, ihre Mutterpflichten, die sie sehr ernst nahm, mit den Anforderungen der wissenschaftlichen Arbeit zu vereinen. Dazu kamen die Physikvorlesungen an einer Pariser Mädchenschule, für deren Durchführung sie im Jahre 1900 die Berechtigung erhalten hatte. Im selben Jahr übernahm Pierre an der Sorbonne einen Lehrstuhl für Physik.

Das Jahr 1903, in dem Marie mit den Forschungsergebnissen über radioaktive Substanzen an der Sorbonne promovierte, war gleichzeitig ein Höhepunkt im gemeinsamen Schaffen des Forscherehepaares. Zusammen mit BECQUEREL erhielten sie den Nobelpreis für Physik für die Entdeckung der Radioaktivität und der radioaktiven Elemente Polonium und Radium.

Aus den Worten, die PIERRE CURIE in seinem Nobelvortrag formulierte, sprach die Verantwortung, die der Wissenschaftler nach seiner Auffassung gegenüber den von ihm gefundenen Ergebnissen wahrzunehmen hat: „Wenn man bedenkt, daß das Radium in den Händen von Verbrechern sehr gefährlich werden kann, drängt sich einem die Frage auf, ob es für die Menschheit von Vorteil ist, die Geheimnisse der Natur kennenzulernen, ob sie reif ist, sich ihrer zu bedienen...“, und er antwortete bereits zum damaligen Zeitpunkt: „Ich gehöre jedoch zu denen, die mit NOBEL der Ansicht sind, daß die Menschheit aus neuen Entdeckungen am Ende mehr Gutes als Schlechtes gewinnen wird.“[2; S. 98]

PIERRE hatte selbst nicht mehr viel Zeit, für die Verwirklichung dieses Prinzips zu arbeiten. Am 19. 4. 1906 verunglückte der große Gelehrte tödlich, als er in der belebten Rue Dauphine unter die Räder eines schweren Pferdefuhrwerks geriet.

Der Tod Pierres traf Marie schwer. Bereits im Mai 1906 wurden ihr jedoch die Vorlesungen am Lehrstuhl für Physik übertragen, den man noch im Jahre 1904 für Pierre neu an der Sorbonne errichtet hatte. Marie setzte das gemeinsame Werk nach besten Kräften fort. Allein von 1906 bis 1911 veröffentlichten die Mitarbeiter der von ihr geleiteten Forschungsgruppe insgesamt 69 Arbeiten, an denen sie meist selbst wesentlich beteiligt war.

Die Anerkennung der Curieschen Ergebnisse war inzwischen weltweit. MARIE CURIE war Mitglied zahlreicher Akademien und wissenschaftlicher Gesellschaften, sie hatte Auszeichnungen und Ehrendoktorwürden von Institutionen und Universitäten erhalten und 1908 auch als erste Frau in Frankreich die Berufung zum ordentlichen Professor mit Lehrstuhl an der Sorbonne. Eine besondere und bis dahin einmalige Auszeichnung war 1911 die nochmalige Verleihung des Nobelpreises, diesmal für Chemie, für die Reindarstellung des Radiums.

Im Jahre 1913 nahm MARIE CURIE an der Eröffnung eines Radiumlaboratoriums in Warschau teil. Sie sprach mit Dankbarkeit von der großen Begeisterung ihres Volkes, das unter schwierigen politischen Bedingungen fähig gewesen sei, eine nützliche Sache aufzubauen.

In dieser Zeit beschäftigte sich die Physikerin sehr mit der Vervollkommnung der für die Beurteilung der radioaktiven Stoffe erforderlichen Meßmethoden, auch, wie sie selbst betonte, wegen der zunehmenden Verwendung des Radiums für die Heilung verschiedener Krankheiten, vor allem von Krebs. Die Anwendung von Radium für diese Zwecke hatte bereits zu Lebzeiten PIERRE CURIES und unter seiner



MARIE CURIE im Laboratorium

aktiven Beteiligung begonnen. Marie schrieb: „Es ist leicht zu begreifen, wie wertvoll für mich die Überzeugung ist, daß unsere Erfindung zu einer Wohltat für die Menschheit wurde ... Dies ist wirklich ein herrlicher Preis für unsere jahrelangen großen Anstrengungen.“ [1; S. 48]

Während des ersten Weltkrieges – dessen Ursachen und Hintergründe sie nicht zu erkennen vermochte, dessen verheerende Auswirkungen vor allem für die einfachen Menschen aber von ihr besonders empfunden wurden – arbeitete MARIE CURIE, um aktiv etwas gegen den Krieg und für die Menschen zu tun, unter Nutzung aller ihrer Möglichkeiten und z. T. unmittelbar an der Front innerhalb des französischen Gesundheitswesens am Aufbau eines radiologischen Dienstes. Zuvor hatte sie den in ihrem Laboratorium vorhandenen Radiumvorrat in einem schweren Bleibehälter persönlich nach Bordeaux gebracht, um ihn vor einem möglichen deutschen Zugriff oder der Vernichtung zu sichern. Nachdem sie die Ausrüstung mehrerer stationärer und fahrbarer Röntgenanlagen organisiert hatte, lernte sie selbst den Umgang mit einem Kraftfahrzeug, um im Notfall das von ihr geleitete Röntgenlabor an den Einsatzort bringen zu können.

Nach Kriegsende hat sich Madame CURIE intensiv an der weiteren Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Radioaktivität beteiligt und für eine fruchtbare Atmosphäre in ihrem Laboratorium Sorge getragen, wie mehrere hundert Veröffentlichungen aus diesem Zeitraum beweisen. Physiker aus vielen Ländern waren glücklich, unter ihrer Anleitung arbeiten zu können. Ihr Laboratorium befand sich jetzt in dem auf ihre Initiative ab 1912 gebauten und inzwischen fertiggestellten Radiuminstitut. Für die Popularität der Gelehrten und ihrer Arbeit spricht auch die Tatsache, daß man ihr 1921 anlässlich eines Besuches in den Vereinigten Staaten von Amerika ein Gramm Radium mit einem Zeitwert von 100 000 Dollar, die von amerikanischen Frauen in einer Spendenaktion zusammengetragen worden waren, übergab.

Trotz des weltweiten Ruhmes blieb die zweifache Nobelpreisträgerin immer eine

einfache Frau. Schon 1910 hatte sie z. B. die Aufnahme in die Französische Ehrenlegion, so wie zuvor auch ihr Mann, abgelehnt. Große Freude empfand sie über die nach dem Krieg erreichte Unabhängigkeit des polnischen Staates. Wie JOFFE mitteilte [3; S. 67], war sie ein aktives Mitglied der französisch-sowjetischen Freundschaftsgesellschaft und ein „beständiger Freund der sowjetischen Wissenschaft“. Als sie am 4. Juli 1934 an den Folgen der radioaktiven Strahlung, der sie sich in langen Jahren ihrer Arbeit ausgesetzt hatte, starb, war nicht nur das mit großen persönlichen Opfern verbundene Leben einer großen Wissenschaftlerin, sondern auch das eines vorbildlichen Menschen zu Ende gegangen.

Lebensdaten zu MARIE SKLODOWSKA-CURIE

1867	am 7. November in Warschau geboren
1891	Immatrikulation an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Sorbonne in Paris
1895	Eheschließung mit PIERRE CURIE
1898	Juli, Entdeckung von Polonium. Dezember, Entdeckung von Radium
1903	Promotion zum Thema „Forschungen über radioaktive Substanzen“. Nobelpreis für Physik zusammen mit PIERRE CURIE und BECQUEREL
1908	Berufung zum ordentlichen Professor mit Lehrstuhl an die Sorbonne
1911	Nobelpreis für Chemie
1934	MARIE CURIE stirbt am 4. Juli in Samcellemos

Lebensdaten zu PIERRE CURIE

1859	geboren am 15. Mai in Paris
1880	Theoretische Voraussage der Piezoelektrizität, die er bald zusammen mit seinem Bruder Jacques experimentell nachweist
1895	Promotion und Eheschließung mit MARIE SKLODOWSKA
1898	Entdeckung der Elemente Polonium und Radium zusammen mit seiner Frau Marie
1903	Nobelpreis für Physik zusammen mit MARIE CURIE und BECQUEREL
1904	Berufung zum ordentlichen Professor mit Lehrstuhl an die Sorbonne
1905	Wahl zum Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften
1906	tödlicher Unfall am 19. April in Paris

Literaturverzeichnis zu MARIE und PIERRE CURIE

- [1] Sklodowska-Curie, M.: Selbstbiographie. Verlag B. G. Teubner, Leipzig 1962.
- [2] Wolozek, O.: Marie Sklodowska-Curie und ihre Familie. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 29, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1977.
- [3] Joffe, A. F.: Begegnung mit Physikern. B. G. Teubner, Leipzig 1967
- [4] Curie, E.: Madame Curie. Paul List Verlag, Leipzig 1958.

- [5] Curie, M.: *Traité de Radioactivité*. Gauthier-Villars, Paris 1910.
 deutsch. Übersetzung: Curie, M.: *Die Radioaktivität*. 2 Bd., Akadem. Verlagsgesellschaft, Leipzig 1911/12.
- [6] Strube, W.: *Pierre und Marie. Die Entdecker des Radiums*. Paul List Verlag, Leipzig 1971.

ERNEST RUTHERFORD (1871 bis 1937)

RUTHERFORDS Forschungen bestimmten in zweifacher Hinsicht die Entwicklung der modernen Atomphysik. Mit seiner Hypothese des Atomkernzerfalls (1902/1903) und dem Nachweis der künstlichen Kernumwandlung (1919) begründete er die Kernphysik. Das von ihm auf der Basis der Streuversuche geschaffene planetarische Atommodell (1911) bildete den Ausgangspunkt für die Physik der Atomhülle (→ BOHR).

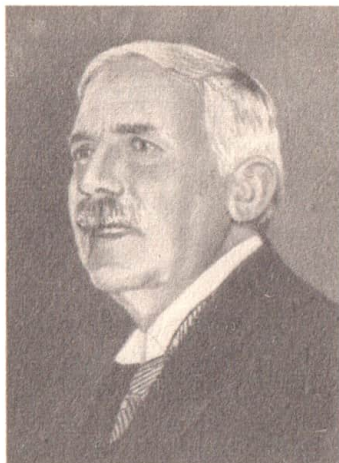
RUTHERFORD wurde am 30. 8. 1871 in Neuseeland nahe der Stadt Nelson in Brightwater als viertes Kind schottischer Einwanderer geboren. Sein Vater war ein tatkräftiger Siedler, der eine der ersten Flachsmühlen in Neuseeland und ein Holzunternehmen eröffnete, seine Mutter die erste Lehrerin in Neuseeland. RUTHERFORD fiel in der Schule durch seine Konzentrationsfähigkeit und seinen Lerneifer auf, löste Preisaufgaben mit Glanz, so daß er mehrfach Stipendien erhielt, die ihm ermöglichten, weiterführende Schulen zu besuchen. Aber auch praktische Tätigkeiten, wie die Reparatur von Uhren und Wasserrädern, gehörten zu seinen Interessen. Außerdem war er ein leidenschaftlicher Fotograf und liebte gute Musik. RUTHERFORD studierte in Christchurch (Neuseeland), wo er 1884 seine erste wissenschaftliche Publikation über elektromagnetische Wellen veröffentlichte.

1895 kam RUTHERFORD als Forschungsstudent an das berühmte Cavendish-Laboratorium in Cambridge (England), das der bekannte Physiker JOSEPH JOHN THOMSON (1856 bis 1940) leitete.

J. J. THOMSON, der Sohn eines Buchhändlers, wurde am 18. 12. 1856 in Cheethan Hill geboren. Er studierte in Cambridge und war von 1884 bis 1919 Leiter des Cavendish-Labors und Professor für Experimentalphysik in Cambridge, wo er am 30. 8. 1940 starb. Durch Ablenkung von Katodenstrahlen im elektrischen und magnetischen Feld maß er 1897 erstmals die spezifische Elektronenladung, erbrachte damit den endgültigen Nachweis der Existenz des Elektrons, erkannte, daß das Elektron Bestandteil jedes Atoms sein müsse, und stellte daraufhin 1903 ein erstes, noch unvollkommenes Atommodell auf.

J. J. THOMSON und RUTHERFORD nahmen 1896 Untersuchungen über die Ionisation von Gasen durch die kurz vorher entdeckten Röntgen- und Uranstrahlen auf.

Als RUTHERFORD 1898 als Physikprofessor an die Universität in Montreal (Ka-



nada) berufen wurde, begann er mit der systematischen Untersuchung der radioaktiven Strahlung. Er unterschied zunächst nach dem Durchdringungsvermögen zwei Arten der Strahlung, die er Alpha- und Betastrahlung nannte. Besondere Aufmerksamkeit schenkte RUTHERFORD den radioaktiven Emanationen. Er identifizierte die Thorium-Emanation als radioaktives Gas, maß deren Halbwertszeit und begann mit SODDY und seiner Forschungsgruppe, der u. a. auch HAHN angehörte, die radioaktiven Abkömmlinge physikalisch und chemisch genau zu untersuchen. RUTHERFORD und SODDY folgerten daraus 1903 die Hypothese des Atomzerfalls, die den Physikern, die noch an die Unteilbarkeit des Atoms glaubten, einen heftigen Schock versetzte. Erste Zerfallsreihen wurden aufgestellt.

RUTHERFORD widmete sich seit 1900 verstärkt der Aufklärung der Natur der Alphastrahlen. Durch Ablenkungsversuche ermittelte er immer genauer deren spezifische Ladung, aber erst 1908 mit GEIGER ausgeführte Versuche, mit einer Vorform des Zählrohrs, und schließlich ein mit ROYDS angestelltes Experiment führten zum Ziel. Bei letzterem wurde Radon in ein Glasröhrchen eingeschlossen, und die in den evakuierten Außenraum dringenden Alphateilchen konnten spektroskopisch zweifelsfrei als Helium identifiziert werden. Daraus zog RUTHERFORD zunächst die Folgerung, daß die Atome zumeist aus Heliumatomen und Elektronen bestünden, die bei radioaktiven Elementen emittiert werden konnten. Für diese Forschungen erhielt RUTHERFORD 1908 den Nobelpreis für Chemie.

1900 heiratete RUTHERFORD eine ehemalige Mitstudentin aus Neuseeland, die ihr Leben lang auch gewissenhaft die Pflichten einer Privatsekretärin ihres Mannes erfüllte.

1907 kehrte RUTHERFORD nach England, und zwar an die Universität Manchester, zurück und nahm Forschungen über die Streuung von Alphateilchen auf. Die durch GEIGER und MARSDEN ausgeführten Versuche hatten das verblüffende Ergebnis, daß nur etwa jedes 20000. Teilchen an dem Target zurückprallte, die anderen nur wenig abgelenkt wurden. Die Deutung des Effekts gab RUTHERFORD 1911 durch



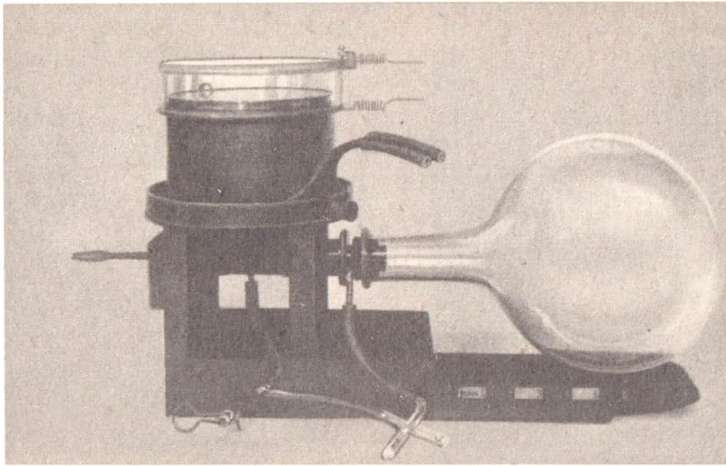
JOSEPH JOHN THOMSON
und ERNEST RUTHERFORD

die nach ihm benannte Streuformel mit der Annahme, daß die Atome nicht Vollkugeln sind, sondern aus Miniatur-Planeten-Systemen bestehen. Damit hatte RUTHERFORD die äußerst wichtige Unterscheidung zwischen Atomhülle und Atomkern getroffen.

Das RUTHERFORDSche Atommodell war für RUTHERFORDS Schüler BOHR die Grundlage seiner Theorie der Atomhülle zur Erklärung der Linienspektren.

Zu den befähigsten Schülern RUTHERFORDS zählte HANS GEIGER, der am 30. 9. 1882 in Neustadt (Weinstraße) als Sohn eines Gymnasiallehrers und späteren Universitätsprofessor geboren wurde. Er studierte in Erlangen, war ab 1907 Assistent RUTHERFORDS in Manchester, leitete ab 1912 das Labor für Radioaktivität der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und war ab 1925 als Professor für Experimentalphysik an verschiedenen Universitäten tätig. GEIGER war ein hervorragender Experimentator. Nach Vorarbeiten mit RUTHERFORD konstruierte er 1913 den Spitzenzähler, ein Meßgerät, das erstmals auch auf Elektronen ansprach, entdeckte 1911 mit NUTTAL den Zusammenhang zwischen Reichweite der Alphastrahlen und der Halbwertszeit der Strahler (GEIGER-NUTTAL-Regel) und entwickelte 1928 mit seinem Schüler MÜLLER das hochempfindliche GEIGER-MÜLLER-Zählrohr. Er starb am 24. 9. 1945 in Potsdam.

1919 wurde RUTHERFORD als Nachfolger J. J. THOMSONS Leiter des Cavendish-Labors in Cambridge; und im selben Jahr gelang ihm seine dritte große Entdeckung. Er wies nach, daß bei der Bestrahlung von Stickstoff mit Alphateilchen sich Stickstoffkerne durch eindringende Alphateilchen unter Aussendung von Protonen in Sauerstoffkerne umwandeln. Diese Entdeckung der künstlichen Kernumwandlung, die eigentliche Geburtsstunde der Kernphysik, verband RUTHERFORD mit der Voraussage eines ladungslosen Elementarteilchens, des Neutrons, das sein Schüler CHADWICK 1932 entdeckte (↗ JOLIOT-CURIE).



Die
erste
Expansions-
nebelkammer
von WILSON
(1912)

1932 ermutigte RUTHERFORD seine Mitarbeiter COCKROFT und WALTON zum Bau eines Linearbeschleunigers, mit dem ihnen erstmals mit elektrisch beschleunigten Protonen die Spaltung von Lithium- und Borkernen gelang. Damit kennzeichnet dieses Jahr auch den Anfang vom Ende der RUTHERFORD-Ära in der Kernphysik. Hatte er seine Erfolge mit einfachen, meist selbst gebauten Nachweisgeräten erzielt, so wurden nunmehr immer aufwendigere Apparaturen in der Kernforschung notwendig.

RUTHERFORDS Erfolge gründeten sich vor allem auf eine moderne Arbeitsorganisation. Er wußte Physiker und Chemiker zu schöpferischer Gemeinschaftsarbeit zu vereinen, gab selbstlos wertvolle Anregungen weiter und hatte für jeden Worte der Zuversicht und Ermutigung. Er führte in Manchester einen Trainingskurs für Methoden der Kernphysik ein, mit dem neue Mitarbeiter schnell an die Forschungsproblematik herangeführt wurden. Auf diese Weise schuf RUTHERFORD eine schöpferische Arbeitsatmosphäre. Die große Zahl der aus seiner Schule hervorgegangenen Kernphysiker und Kernchemiker ist dafür der beste Beweis. Zu den bekanntesten gehören HAHN und KAPIZA.

Ferner hat RUTHERFORD auch große Verdienste um die internationale Zusammenarbeit und Verbundenheit der Physiker. Er übernahm u. a. 1933 den Vorsitz in einem Ausschuß, der sich mit der Unterstützung und Unterbringung von den Faschisten verfolgte Wissenschaftler beschäftigte.

RUTHERFORD verkörpert den Typ des ideenreichen Experimentalphysikers, der, ausgehend von experimentellen Ergebnissen, umfassende Hypothesen über das komplizierte Naturgeschehen machte. Unbeeinflußt von der positivistischen Philosophie, die die atomare Struktur nur als Arbeitskonzept gelten ließ, fußten seine Forderungen von Anfang an auf der Teilchenhypothese. Auf diesem Wege trug er dazu bei, die Unerschöpflichkeit der Naturvorgänge aufzuspüren.

RUTHERFORDS gesellschaftliche Wirksamkeit begann im ersten Weltkrieg als Mitglied der Admiralitätsbehörde für Forschung. In dieser Zeit stellte er die Untersu-



RUTHERFORD
(Mitte)
mit COCKROFT
und WALTON
im
Jahre 1932

chungen zur Atomphysik zurück und erforschte mit seinen Mitarbeitern die Unterwasserakustik, um die Ortung von U-Booten zu ermöglichen.

1930 wurde RUTHERFORD Vorsitzender des staatlichen Ausschusses für wissenschaftliche und industrielle Forschung. In dieser Funktion und als Präsident der Royal Society (seit 1925) hat er unermüdlich auf die Bedeutung der Wissenschaft als Produktivkraft hingewiesen. Nach seiner 1931 erfolgten Erhebung in den höchsten englischen Adelsstand (LORD RUTHERFORD OF NELSON) hat er den großen Nutzen der Forschung für die Industrie im englischen Oberhaus wiederholt herausgestellt und kam auch mit den Industriellen in Konflikt, die kaum bereit waren, Forschungsgemeinschaften finanziell zu unterstützen. Resignierend stellte RUTHERFORD dazu 1933 fest:

„Der größere Teil unserer Industrie ist hinsichtlich der Bedeutung der Forschung erst halb erwacht, während ein Teil noch schläft ... Ich glaube, daß die Nation anderen überlegen ist, die einen wohlausgewogen wissenschaftlichen Hintergrund besitzt.“ [3; S. 242] Zu der Einsicht, daß diese Mängel durch das kapitalistische System selbst bedingt waren, kam RUTHERFORD aber nicht.

Wissenschaftlich aktiv bis zuletzt und noch voller Pläne, erlag RUTHERFORD am 19. 10. 1937 unerwartet den Folgen einer plötzlich notwendigen Operation. KAPIZA schrieb in einem Nekrolog:

„In der Wissenschaftsgeschichte ist es schwierig, einen anderen Fall zu finden, daß ein einzelner Wissenschaftler einen solch großen Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft hatte ... Ich bin sicher, daß in allen Ländern Wissenschaftler nicht nur deshalb RUTHERFORDS Tod beklagen, weil er der größte Experimentalphysiker seit FARADAY war, sondern auch, weil sie einen Lehrer und Freund verloren haben.“ [3; S. 274]



Erste Beschleunigungsanlage
von COCKROFT und WALTON
zur künstlichen Kernzertrümmerung
(1932)

Lebensdaten zu ERNEST RUTHERFORD

1871	am 30. 8. nahe der Stadt Nelson (Neuseeland) geboren
1890 bis 1894	Studium in Christchurch (Neuseeland)
1895 bis 1898	Forschungsstudium am Cavendish-Laboratorium in Cambridge (England) unter der Leitung von J. J. THOMSON
1898	Professor an der Universität Montreal (Kanada). Forschungen über radio- aktive Strahlungen. Hypothese des Atomzerfalls. Identifizierung der Al- phastrahlen als Heliumionen
1900	Heirat mit einer ehemaligen Kommilitonin, die lebenslang die Pflichten eines Privatsekretärs ihres Mannes übernahm
1907	Rückkehr nach England, Professor in Manchester
1908	Nobelpreis für Chemie
1911	Deutung der Streuversuche von GEIGER und MARSDEN durch RUTHER- FORD: Planetarisches Atommodell, Unterscheidung von Atomhülle und -kern
1919	Leiter des Cavendish-Labors in Cambridge. Entdeckung der künstlichen Kernumwandlung
1925	Präsident der Royal Society
1931	Erhebung in den höchsten englischen Adelsstand: LORD RUTHERFORD OF NELSON. Aktivitäten für die Nutzung der Wissenschaft in der Industrie
1937	am 19. 10. plötzlich verstorben

Literaturverzeichnis zu ERNEST RUTHERFORD

- [1] The Collected Papers of Lord Rutherford of Nelson. Hrsg. v. James Chadwick, London 1962.
- [2] Rutherford, E.: Über die Kernstruktur der Atome. Verlag B. G. Teubner, Leipzig 1921.
- [3] Evans, I. B. N.: Man of Power. The Lifestory of Baron Rutherford of Nelson. Verlag Stanley Paul & Co., London 1939.

- [4] Lord Rayleigh: The Life of Sir J. J. Thomson. University Press, Cambridge 1942.
- [5] Laue, M. v.: Nachruf auf Hans Geiger. In: Jahrbuch der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1946 bis 1949. Akademie-Verlag, Berlin 1950.

NIELS BOHR (1885 bis 1962)

An der Nahtstelle zwischen der klassischen und der modernen Physik standen Physikerpersönlichkeiten, die gleichermaßen als Wissenschaftler, Lehrer und zutiefst humanistisch gesinnte Gelehrte Einfluß auf den Fortschritt der exakten Naturwissenschaften genommen haben. Zu ihnen gehört ohne Zweifel der dänische Physiker **NIELS BOHR**. In einem Aufsatz, den **FRANCK** zum Gedenken an **BOHR** 1963 veröffentlichte, heißt es: „Das Erscheinen seiner Arbeit über das Wasserstoffatom im Jahr 1913 war die Geburtsstunde der modernen Atomtheorie. **BOHR** hat nicht nur ihre Weiterentwicklung durch seine späteren Beiträge aufs höchste gefördert, sondern er wurde der Lehrer zweier Physikergenerationen, deren ganze physikalische und erkenntnistheoretische Anschauungsweise er grundlegend beeinflusste“. [1; S. 341]

NIELS BOHR wurde am 7. Oktober 1885 in Kopenhagen geboren. Sein Vater, der naturwissenschaftlich sehr interessiert war, wirkte seit 1886 als Professor der Physiologie an der Kopenhagener Universität. **BOHR** wuchs in einem Haus mit einer sehr anregenden geistigen Atmosphäre auf, in der wissenschaftliche Diskussionen zur Tagesordnung gehörten. Sein um zwei Jahre jüngerer Bruder **HARALD** wurde ein angesehener Mathematiker.

BOHR war ein ausgezeichnete Schüler und kam auch an der Universität seiner Vaterstadt, an der er seit 1903 studierte, gut voran. Für eine experimentelle Untersuchung über die Oberflächenspannung des Wassers erhielt er schon als Student im Jahre 1906 eine Goldmedaille der Königlich Dänischen Akademie der Wissenschaften. Diese Abhandlung blieb seine einzige größere experimentelle Arbeit.

Während seines Physik-Studiums beschäftigte sich **BOHR** auch intensiv mit philosophischen Problemen. Er hörte Vorlesungen über formale Logik und Erkenntnistheorie. **BOHR**s spätere naturwissenschaftliche Forschungsarbeit war immer stark philosophisch geprägt, wobei die Wurzeln seines philosophischen Denkens außerordentlich vielfältig waren. Gegenüber **PAULI** äußerte er einmal, „sein Interesse an der Physik sei nicht so sehr das eines Mathematikers als das eines Handwerkers und eines Philosophen“. [2; S. 30]

BOHR war auch sehr sportlich interessiert. In jungen Jahren war er ein begeisterter Fußballspieler. Sein Bruder **Harald** gehörte sogar der dänischen Olympiamannschaft von 1908 an. Anlässlich der Verleihung des Nobelpreises im Jahre 1922 soll eine dänische Zeitung geschrieben haben, dem „bekannten Fußballspieler **NIELS BOHR**“ sei dieser Preis verliehen worden. [3; S. 359]

Im Jahre 1911 promovierte **BOHR** mit einer Arbeit über die Theorie der Metall-elektronen, in der er zeigte, daß die magnetischen Eigenschaften der Metalle mit



NIELS BOHR
(1920)

den Vorstellungen der klassischen Physik nicht verstanden werden können. Er hatte sich dazu mit den Arbeiten von J. J. THOMSON, LORENTZ, DRUDE und anderen beschäftigen müssen und war dabei erstmalig der Quantenhypothese PLANCKS (↗ PLANCK) begegnet.

Im Oktober 1911 ging BOHR zu einem Studienaufenthalt nach England. Er arbeitete zunächst in dem berühmten Cavendish-Laboratorium der Universität Cambridge bei J. J. THOMSON. Im März 1912 wechselte er nach Manchester zu RUTHERFORD, der auf den jungen BOHR als Wissenschaftler und als Mensch einen großen Eindruck machte und mit dem ihn bald eine tiefgehende und bleibende Freundschaft verband.

BOHR griff rasch die Vorstellungen RUTHERFORDS vom Atomaufbau auf. Ihm war jedoch von Anfang an klar, „daß auf der Grundlage des RUTHERFORDSchen Modells die typische Stabilität atomarer Systeme keineswegs mit den klassischen Prinzipien der Mechanik und Elektrodynamik in Einklang gebracht werden konnte“. [4; S. 34] Viele experimentelle und theoretische Einzelergebnisse bestärkten BOHR in der Ansicht, daß der Quantenbegriff eine entscheidende Bedeutung in der Atomphysik hat.

Im Herbst 1912 wurde BOHR Assistent an der Universität Kopenhagen. Hier bemühte er sich in sehr kurzer Zeit um eine zusammenfassende Darstellung der in Manchester über den Atombau gesammelten Fakten. Wichtige Anregungen bekam er dabei durch das Studium der Arbeiten von BALMER, RYDBERG und anderen über die für optische Spektren geltenden Gesetze.

Im März 1913 sandte BOHR an RUTHERFORD den ersten Teil seiner berühmten Arbeit „Über den Aufbau der Atome und Moleküle“, der noch im gleichen Jahr im „Philosophical Magazine“ erschien.[5] BOHR stellte hier in strenger Anlehnung an das vorliegende experimentelle Material über das RUTHERFORDSche Atommodell hinausreichende Hypothesen auf, die mit einigen Vorstellungen der klassischen Physik brachen:

378 Postgasse
Copenhagen
March 26, 1913

Dear Prof. Rutherford,

I thank you very much
for your kind letter. I am very
thankful for the interest you have
taken in my paper and your
kind advice to try to make it
clear, certainly I shall be very
glad for any attention you may
conclude suitable but I am sorry
to give you so much trouble.

A few days before I received
your letter I had sent you
revised copy of my paper which was
in which I have introduced a few
additions which may have come light
in the principal difficulty mentioned
in your letter.

As I just now have to leave,
I have decided to write to you
again in the first day of next
month. I shall send you a revised copy
which I shall send you a revised copy
concerning the paper and perhaps
to get opportunity to speak with
you about different questions.

Once more expressing my thanks
for your kind letter. Yours very sincerely,
N. Bohr.

„1. Das dynamische Gleichgewicht der Systeme in den stationären Zuständen kann mit Hilfe der gewöhnlichen Mechanik beschrieben werden, während der Übergang der Systeme zwischen verschiedenen stationären Zuständen nicht auf dieser Grundlage behandelt werden kann.

2. Dem letzteren Prozeß folgt die Emission einer homogenen Strahlung, für die das Verhältnis zwischen der Frequenz und der emittierten Energiemenge durch die PLANCKSche Theorie gegeben ist“. [5; S. 175]

Mit diesen Thesen konnte BOHR ein befriedigendes Modell des Wasserstoffatoms als des einfachsten Atoms überhaupt aufbauen. Er vermochte, die BALMER-Serie zu erklären und die RYDBERG-Konstante zu berechnen. Weitere wichtige Argumente für BOHRS Theorie erbrachten die Untersuchung der charakteristischen Röntgenstrahlung durch MOSELEY (1913) und die Elektronenstoßversuche durch FRANCK und G. HERTZ (1914) (→ G. HERTZ).

BOHRS Atommodell, das eine für die damaligen physikalischen Vorstellungen völlig ungewohnte Kombination von Elementen der klassischen Physik und der Quantenphysik darstellte, wurde nicht von allen Physikern sofort anerkannt. Auch SOMMERFELD, der sich schon bald darauf dem Ausbau der BOHRSchen Theorie widmete, verhielt sich zunächst skeptisch.

ARNOLD SOMMERFELD (1868 bis 1951) hat in seiner Geburtsstadt Königsberg Mathematik studiert, 1891 promoviert und 1896 bei KLEIN in Göttingen habilitiert. Seit 1906 hatte er den Lehrstuhl für Theoretische Physik an der Universität München inne, wo viele später berühmte Physiker seine Schüler waren. [6]

Nach dem Erscheinen der Arbeiten EINSTEINS befaßte sich SOMMERFELD mit der Speziellen Relativitätstheorie. Auf dem ersten Solvay-Kongreß, der Ende Oktober 1911 in Brüssel unter dem Thema „Strahlungstheorie und Quanten“ die führenden Physiker der ganzen Welt vereinte, trug SOMMERFELD einen Quantenansatz der Atomhülle vor. Diese Gedanken führten dazu, daß er im Jahre 1915 die BOHRSchen



ARNOLD SOMMERFELD

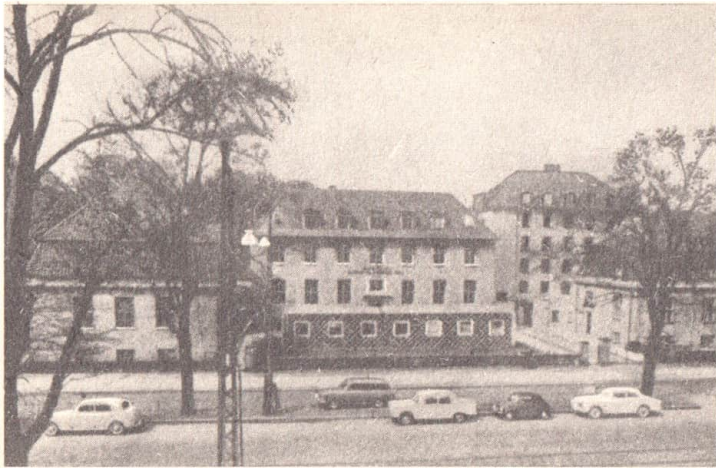
Vorstellungen über den Atomaufbau durch den Übergang zu Ellipsenbahnen der Elektronen und durch Berücksichtigung der Relativitätstheorie fortführte und damit auch die Feinstruktur der Wasserstofflinien und der Röntgenlinien verschiedener Elemente erklären konnte. 1916 folgte die Theorie des normalen ZEEMAN-Effekts und durch EPSTEIN und SCHWARZSCHILD die Theorie des STARK-Effekts. [7]

Im Jahre 1919 erschien SOMMERFELDS Buch „Atombau und Spektrallinien“, dem später noch der „Wellenmechanische Ergänzungsband“ hinzugefügt wurde und das lange Jahre als die „Bibel der Atomphysik“ galt.

Im Jahre 1916 konnte BOHR eine Professur an der Universität Kopenhagen übernehmen, 1920 richtete man für ihn einen Lehrstuhl für Theoretische Physik ein. 1921 wurde das Institut am Kopenhagener Blegdamsvej eröffnet, das sehr bald unter BOHRs Leitung eines der physikalischen Zentren in der Welt, zum „Mekka für die Atomforscher aller Länder“ wurde. „In Anerkennung seiner Verdienste um die Erforschung des Aufbaus der Atome und der von ihnen ausgesandten Strahlen“ erhielt BOHR im Jahre 1922 den Nobelpreis für Physik.

Im Sommer desselben Jahres hielt er in Göttingen Vorträge über moderne Physik, die unter der Bezeichnung „Bohr-Festspiele“ in die Wissenschaftsgeschichte eingegangen sind. Hier spielte auch das von ihm bereits einige Jahre zuvor entwickelte Korrespondenzprinzip eine Rolle, wonach die klassische Beschreibung eines physikalischen Systems als Grenzfall aus der quantenphysikalischen Beschreibung folgen muß. Mit diesem Prinzip versuchte BOHR, einen Zusammenhang zwischen der Quantentheorie und der klassischen Physik herzustellen.

An BOHRs Göttinger Vorträgen nahm als Hörer auch WOLFGANG PAULI (1900 bis 1958) teil, der nach Studium und Promotion 1921 bei SOMMERFELD nun als Assistent bei BOHR arbeitete. PAULI war von BOHR so beeindruckt, daß er 1922 für ein Jahr an sein Kopenhagener Institut ging, wo eine neue Phase seines wissenschaftli-



Das Institut
für
Theoretische
Physik
der
Universität
Kopenhagen

chen Lebens begann. PAULI war später Professor der Physik in Hamburg, Zürich und Princeton (USA) und ist durch grundlegende Arbeiten zur Atom- und Kernphysik, zur Quantenfeldtheorie und zur Physik der Elementarteilchen (1930: Neutrino-Hypothese) bekannt geworden. Der Nazi-Herrschaft in Deutschland stand er wie sein Lehrer SOMMERFELD sehr kritisch gegenüber. Im Jahre 1945 erhielt PAULI den Nobelpreis für Physik.

Während seines Aufenthalts bei BOHR befaßte sich PAULI neben anderen Problemen mit der Dublettstruktur der Alkalispektren und mit dem anomalen ZEEMAN-Effekt. Die gemessenen Alkalispektren wiesen darauf hin, daß es doppelt so viele Quantenzustände gibt, wie von der BOHRschen Theorie vorhergesagt wurde. PAULI schlug nun vor, daß der Dublett-Charakter durch eine neue quantentheoretische Eigenschaft des Elektrons, die er „eine klassisch nicht beschreibbare Zweideutigkeit“ nannte, hervorgerufen würde. [9; S. 131] Die endgültige Erklärung dieser „Zweideutigkeit“ gaben 1926 UHLENBECK und GOUDSMIT mit ihrer Arbeit zum Elektronenspin.

PAULI hat seine Gedanken bereits 1925 auf die theoretische Deutung des Periodensystems der Elemente übertragen, indem er das nach ihm benannte Ausschließungsprinzip formulierte. Dieses Prinzip, das auch kurz „Pauli-Verbot“ genannt wird, war ein wichtiger Wegweiser für neue physikalische Erkenntnisse.

In den Jahren 1926 und 1927 war HEISENBERG (→ HEISENBERG) als Nachfolger von KRAMERS Dozent für Theoretische Physik am BOHRschen Institut. Er hatte bereits ein Jahr zuvor die Grundlagen der sogenannten neuen Quantentheorie erarbeitet, die er mit BORN und JORDAN in kürzester Frist zur Matrizenmechanik ausbaute. Als Ergebnis vieler tiefgründiger Diskussionen im Rahmen der Kopenhagener Schule wurden im Jahre 1927 HEISENBERGS Unschärferelation und BOHRs Komplementaritätsprinzip vorgelegt. [11] Beide stellen wichtige Aussagen innerhalb der sogenannten „Kopenhagener Deutung“ der Quantentheorie dar. Das Komplen-



taritätsprinzip umriß BOHR mit den Worten: „Die Begriffe Teilchen und Welle ergänzen sich, indem sie sich widersprechen. Sie sind komplementäre Bilder des Geschehens“. Auf diese Weise konnten für mikrophysikalische Objekte mit den in der klassischen Physik unvereinbaren Begriffen Welle und Teilchen neue Einsichten in die dialektische Struktur der Materie gewonnen werden.

Zugleich wurden auch neue erkenntnistheoretische Probleme aufgeworfen, wie z. B. die Frage nach der Rolle der Meßgeräte und des Beobachters in der Mikrophysik und zur Bedeutung und Stellung statistischer Gesetze im Erkenntnisprozeß.

Die erkenntnistheoretischen Positionen der Kopenhagener Schule fanden jedoch unter den Physikern jener Zeit auch eine Vielzahl von Kritikern, zu denen EINSTEIN, LAUE, SCHRÖDINGER und andere gehörten.

Die wissenschaftlichen Auseinandersetzungen zwischen BOHR und EINSTEIN, der sich sein Leben lang mit den wahrscheinlichkeitstheoretischen Auffassungen der Quantenerscheinungen nicht abfinden konnte, haben die Diskussionen um die Aussage und Darstellung der modernen Physik sehr gefördert. [12; S. 127 ff.]

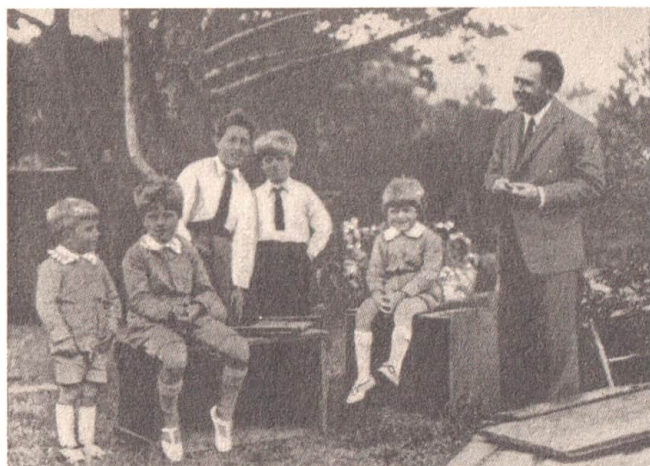
In einer Vielzahl von Aufsätzen und Vorträgen hat sich BOHR zu philosophischen Problemen geäußert. Bereits 1931 erschien die erste Sammlung von Arbeiten in deutscher Sprache unter dem Titel „Atomtheorie und Naturbeschreibung“. [13] 1958 und 1965 kamen die Sammelbände „Atomphysik und menschliche Erkenntnis“ heraus. [14; 15]

Seit 1930 beschäftigte sich BOHR wieder mehr mit Problemen der Kernphysik. 1936 entwickelte er die „Zwischenkern-Hypothese“, 1939 gab er, gemeinsam mit WHEELER, eine Theorie der Kernspaltung an.

BOHR führte ein glückliches Familienleben. Er hatte sechs Söhne. Sein Sohn AAGE BOHR wurde ein bekannter Kernphysiker. BOHRs Haus stand auch vielen Gästen offen. Es war Zentrum eines regen wissenschaftlichen und kulturellen Lebens. Physiker aus aller Welt fanden gastfreundliche Aufnahme. [16]

Das traf insbesondere für diejenigen seiner Fachkollegen zu, die, wie FRANCK

BOHR
mit fünf
seiner Söhne



und MEITNER, nach der Machtergreifung der Faschisten Deutschland verlassen mußten. Gemeinsam mit seinem Bruder gründete BOHR in Dänemark einen Ausschuß zur Unterstützung von vertriebenen Geistesschaffenden. Er setzte sich weltweit dafür ein, den Emigranten Arbeitsmöglichkeiten zu erschließen. [3; S. 306]

Nach dem Einmarsch der Hitlerwehrmacht in Dänemark im Frühjahr 1940 blieb BOHR zunächst im Lande. Im September 1943 entzog er sich dem Zugriff der Gestapo durch eine abenteuerliche Flucht in einem Fischerboot nach Schweden. Über England kam er in die USA, wo er in Los Alamos als Berater an der Entwicklung der amerikanischen Atombombe mitwirkte. Der verbrecherische Einsatz dieser Bombe hat ihn später tief erschüttert.

Nach seiner im Jahre 1945 erfolgten Rückkehr nach Kopenhagen kämpfte BOHR leidenschaftlich gegen die atomare Aufrüstung, um einen drohenden Atomkrieg zu verhindern. Diese politische Haltung kommt auch in seinem Offenen Brief an die Vereinten Nationen aus dem Jahre 1950 zum Ausdruck.

BOHR erfuhr als einer der angesehensten Naturwissenschaftler unserer Zeit eine Fülle von Ehrungen. Jahrelang wirkte er als Präsident der Dänischen Akademie der Wissenschaften, der er seit 1917 angehörte. Er war Mitglied vieler auswärtiger Gesellschaften und Akademien und hatte siebzehn Ehrendoktorate. Bei seinem letzten Besuch in der Sowjetunion im Mai 1961 verlieh ihm die Lomonossow-Universität Moskau die Würde eines Ehrenprofessors. Am 18. November 1962 ist NIELS BOHR in Kopenhagen gestorben.

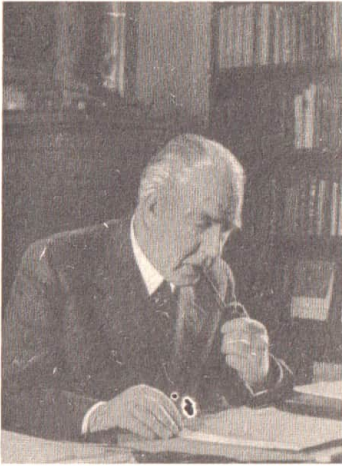
In Erinnerung an BOHRs letzten Moskau-Aufenthalt schrieb der sowjetische Nobelpreisträger TAMM, daß man nach einem Vortrag im Seminar bei KAPIZA und LANDAU an BOHR die Frage gerichtet hatte: „Welches Geheimnis hatten Sie, das Ihnen gestattete, in einem solchen Maß die schöpferische theoretische Jugend um sich zu konzentrieren?“ Darauf habe BOHR geantwortet: „Es gab da kein besonderes Geheimnis. Vielleicht nur dies, daß wir keine Angst hatten, vor der Jugend dumm zu erscheinen“. [17; S. 500]



BOHR und LANDAU
sprechen
zu Studenten
der Moskauer Universität
(1961)

Lebensdaten zu NIELS BOHR

1885	am 7. Oktober in Kopenhagen geboren
1903	Beginn des Physikstudiums an der Universität Kopenhagen
1911	Promotion mit einer Arbeit über die Theorie der Metallelektronen Beginn des Studienaufenthaltes an der Universität Cambridge bei J. J. THOMSON
1912	Arbeit bei RUTHERFORD in Manchester Heirat mit MARGRETHE NARLUND
1913	Veröffentlichung seiner Arbeit „Über den Aufbau der Atome und Mole- küle“ mit der Darstellung des „Bohrschen Atommodells“
1915	Weiterentwicklung zum „Bohr-Sommerfeldschen Atommodell“
1916	Professor für Theoretische Physik an der Universität Kopenhagen
1917	Wahl zum Mitglied der Königlich Dänischen Akademie der Wissenschaf- ten
1921	Eröffnung des Universitäts-Instituts für Theoretische Physik
1922	Nobelpreis für Physik
1927	Formulierung des Komplementaritätsprinzips Beginn der „Kopenhagener Deutung“ der Quantentheorie
1939	Theorie der Kernspaltung, gemeinsam mit J. A. WHEELER
1943	Flucht über Schweden und England in die USA. Mitarbeit am amerikani- schen Atom-Energie-Projekt
1945	Rückkehr nach Dänemark
1950	Offener Brief an die Vereinten Nationen
1962	am 18. November in Kopenhagen gestorben



NIELS BOHR am Arbeitsplatz

Literaturverzeichnis zu NIELS BOHR

- [1] Franck, J.: Niels Bohrs Persönlichkeit. In: „Die Naturwissenschaften“ Berlin 50 (1963) 9, S. 341 bis 343.
- [2] Pauli, W.: Niels Bohr zum 60. Geburtstag. In: Pauli, W., Aufsätze und Vorträge über Physik und Erkenntnistheorie. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1961, S. 24 bis 31.
- [3] Herneck, F.: Bahnbrecher des Atomzeitalters. Große Naturforscher von Maxwell bis Heisenberg. Buchverlag Der Morgen, Berlin 1965.
- [4] Bohr, N.: Rutherford-Gedenkvorlesung 1958. Erinnerungen an den Begründer der Kernphysik und an die von seinem Werk ausgehende Entwicklung. In: Bohr, N., Atomphysik und menschliche Erkenntnis II, Aufsätze und Vorträge aus den Jahren 1958 bis 1962. Verlag Friedrich Vieweg & Söhne, Braunschweig 1966, S. 30 bis 74.
- [5] Bohr, N.: Über den Aufbau der Atome und Moleküle. In: Quantentheorie, Einführung und Originaltexte, Herausgeber: ter Haar, D., Akademie-Verlag, Berlin 1969, S. 167 bis 200.
- [6] Born, M.: Sommerfeld als Begründer einer Schule. In: „Die Naturwissenschaften“, Berlin 16 (1928) 49, S. 1035 bis 1036.
- [7] Laue, M. v.: Sommerfelds Lebenswerk. Nachruf, gehalten am 15. Juni 1951 vor der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. In: „Die Naturwissenschaften“, Berlin 38 (1951), 22, S. 513 bis 518.
- [8] Sommerfeld, A.: Atombau und Spektrallinien. 1. Band. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1960.
- [9] Pauli, W.: Das Ausschließungsprinzip und die Quantenmechanik. In: Pauli, W., Aufsätze und Vorträge über Physik und Erkenntnistheorie. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1961, S. 129 bis 146.
- [10] Pauli, W.: Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren. In: Quantentheorie, Einführung und Originaltexte, Hrsg.: ter Haar, D., Akademie-Verlag, Berlin 1969, S. 229 bis 253.
- [11] Heisenberg, W.: 50 Jahre Quantentheorie. In: „Die Naturwissenschaften“, Berlin 38 (1951) 3, S. 49 bis 55.

- [12] Röseberg, U.: Quantenmechanik und Philosophie. Akademie-Verlag, Berlin 1978.
- [13] Bohr, N.: Atomtheorie und Naturbeschreibung. Verlag Julius Springer, Berlin 1931.
- [14] Bohr, N.: Atomphysik und menschliche Erkenntnis I. Aufsätze und Vorträge aus den Jahren 1933 bis 1955. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1964.
- [15] Bohr, N.: Atomphysik und menschliche Erkenntnis II. Aufsätze und Vorträge aus den Jahren 1958 bis 1962. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1966.
- [16] Rozental, S. (Ed.): Niels Bohr. His life and work as seen by his friends and colleagues. North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1967.
- [17] Tamm, I. J.: Niels Bohr und die moderne Physik. Zum Andenken an den großen Gelehrten. In: „Wissenschaft und Fortschritt“, Berlin 13 (1963) 11, S. 498 bis 502.

ALBERT EINSTEIN (1879 bis 1955)

ALBERT EINSTEIN, der Schöpfer der Speziellen und Allgemeinen Relativitätstheorie und einer der Wegbereiter der Quantenphysik, ist eine herausragende Persönlichkeit in der Physikgeschichte aller Zeiten. Er gestaltete zu Beginn unseres Jahrhunderts das Weltbild der Physik in seinen inhaltlichen und methodischen Grundlagen so entscheidend um, daß sein Wirken mit dem von COPERNICUS, GALILEI und NEWTON vergleichbar ist. Mit dem ihm eigenen Engagement war EINSTEIN zugleich auch ein unerschrockener Kämpfer für Humanismus, Frieden und sozialen Fortschritt. Leidenschaftlich trat er gegen Militarismus, nationale Überheblichkeit und Rassenhaß auf. In manchen politischen Entscheidungen fand EINSTEIN als bürgerlicher Naturwissenschaftler den Weg an die Seite der revolutionären Arbeiterklasse.

ALBERT EINSTEIN wurde am 14. März 1879 in Ulm geboren. Sein Vater betrieb dort ein Ladengeschäft mit elektrotechnischen Artikeln. Bald nach der Geburt des Sohnes übersiedelte die Familie nach München, wo der Vater eine elektrotechnische Werkstatt aufbaute. Auf der Volksschule und auch auf dem Münchner Luitpold-Gymnasium fiel der junge EINSTEIN mit seinen Leistungen nicht besonders auf. Als typischer „Einspänner“, wie er sich später einmal bezeichnete, vermochte er sich nur sehr schwer in ein auf geistloses Pauken und Drill abgestelltes Schulsystem hineinzufinden.

Schon im Vorschulalter und in seiner Schülerzeit beschäftigte sich EINSTEIN mit einigen physikalischen Problemen, die für sein gesamtes Lebenswerk Bedeutung gewinnen sollten. In seiner Autobiographie [1; S. 3 ff.] beschrieb er, welch tiefen Eindruck auf ihn als Kind das Spiel einer Kompaßnadel gemacht hat. Das „Wunder“ dieser Nadel hat die wissenschaftliche Phantasie des Jungen gewaltig erregt. Nicht weniger eindrucksvoll war die Beschäftigung mit einem Lehrbuch über euklidische Geometrie. Dieses Buch arbeitete der wißbegierige zwölfjährige Schüler in einem Zuge durch, ohne die Behandlung der einzelnen Abschnitte im Unterricht abzuwarten. Die Klarheit und Schönheit der geometrischen Aussagen haben sein späteres Schaffen deutlich geprägt.

Mit großer Begeisterung widmete sich EINSTEIN auch dem Studium der „Natur-



EINSTEIN am Arbeitspult
im Berner Patentamt
(1908)

wissenschaftlichen Volksbücher“, in denen in populärer Form wichtige naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden dargestellt wurden. Hier stieß er zum ersten Mal auch auf die Frage nach der Lichtgeschwindigkeit und ihrer grundlegenden Bedeutung. Dieses Problem hat ihn seitdem unaufhörlich bewegt.

Wegen geschäftlicher Schwierigkeiten übersiedelten EINSTEINs Eltern nach Mailand. Im Frühjahr 1895 verließ EINSTEIN vorzeitig das Münchner Gymnasium und folgte ihnen. Über diesen voreiligen Entschluß waren die Eltern wenig erfreut, denn nun war die weitere berufliche Entwicklung des Jungen unklar. Man schlug ihm eine Ingenieurlaufbahn vor. Bei der Aufnahmeprüfung an dem berühmten Züricher Polytechnikum fiel er jedoch wegen ungenügender Leistungen in den Fremdsprachen durch. Erst nachdem er an der Kantonsschule Aarau in der Schweiz das Abitur nachgeholt hatte, konnte EINSTEIN vom Herbst 1896 bis zum Sommer 1900 in Zürich studieren, um danach das Examen als Physiklehrer abzulegen.

Nach dem Studium blieb er zunächst fast zwei Jahre ohne feste Anstellung, da er sich um die von ihm begehrten Assistentenstellen erfolglos bewarb. Erst im Jahre 1902, dem Todesjahr seines Vaters, bekam EINSTEIN durch Vermittlung eines Freundes eine Stelle als Gutachter am Eidgenössischen Amt für geistiges Eigentum (Patentamt) in Bern.

Ein halbes Jahr nach Aufnahme dieser Tätigkeit heiratete EINSTEIN eine um vier Jahre ältere ehemalige Mitstudentin, die aus Serbien stammte und inzwischen gleichfalls das Lehrerdiplom für Physik erworben hatte. Aus dieser Ehe gingen zwei Söhne hervor. [2; S. 25, S. 75]

Diese Berner Zeit als „Patentierknecht“, wie EINSTEIN einmal scherzhaft bemerkte, war die glücklichste und fruchtbarste in seinem wissenschaftlichen Leben. Seine Tätigkeit zwang ihn zu genauer Formulierung und zu vielseitigem Denken und ließ ihm außerdem genügend Zeit für seine tiefgehenden Gedanken über die Grundlagen der Physik. Wichtige Anregungen bekam er durch Diskussionen in dem mit zwei Freunden gegründeten Zirkel, der sogenannten „Akademie Olym-

pia“, in der die jungen Leute Schriften von MACH, SPINOZA, HELMHOLTZ, AMPÈRE, POINCARÉ und vielen anderen lasen und besprachen.[4; S. XIX]

Nachdem EINSTEIN bis dahin durch physikalische Arbeiten nicht besonders auf sich aufmerksam gemacht hatte, legte er in Bern in kurzer Zeit eine Reihe von Forschungsergebnissen vor, die seinen wissenschaftlichen Weltruhm begründeten. In seinem Sternjahr, dem Jahr 1905, veröffentlichte er sechs hervorragende Arbeiten sowie 21 Rezensionen in den „Annalen der Physik“ und promovierte noch – eine bewunderungswürdige Kreativität.

EINSTEIN gab zunächst, im Anschluß an Arbeiten von SMOLUCHOWSKI, der statistischen Deutung der BROWNSchen Molekularbewegung eine abschließende mathematische Form. Seine 1905 an der Universität Zürich vorgelegte Doktorarbeit trug den Titel „Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen“.[5] Das EINSTEINSche Gesetz der BROWNSchen Molekularbewegung wurde im Jahre 1908 durch Experimente von PERRIN bestätigt. Die Arbeiten von EINSTEIN und PERRIN haben in hohem Maße die These vom atomaren Aufbau der Stoffe gestützt. Unter ihrem Eindruck wurde der Chemiker OSTWALD, der bis dahin zusammen mit MACH einer der einflußreichsten naturwissenschaftlichen Gegner der Atomtheorie war, „zum Atomismus bekehrt“ (OSTWALD).

Eine weitere bedeutende Forschungsleistung EINSTEINS im Jahre 1905 war die Übertragung von PLANCKS Quantenhypothese (→ PLANCK) auf das Licht.[6] Er formulierte die These, daß sich Licht der Frequenz ν aus Lichtquanten oder Photonen der Energie $E = h \cdot \nu$ zusammensetzt. Damit konnte er eine Erklärung des lichtelektrischen Effekts geben, der von H. HERTZ (→ H. HERTZ) zuerst beobachtet und von LENARD und HALLWACHS näher untersucht worden war. Im Jahre 1921 bekam EINSTEIN für diese Arbeiten zum Ausbau der Grundlagen der Quantentheorie den Nobelpreis für Physik.

EINSTEINS bekannteste Leistung des Jahres 1905 waren die grundlegenden Arbeiten zur Speziellen Relativitätstheorie. Als erste Veröffentlichung erschien seine Abhandlung „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“.[7] Die dort dargestellten Überlegungen wurden von Physikern und auch von Nichtphysikern deshalb so stark beachtet, weil nach einer Einschätzung von LAUE „nichts Physikalisches die Menschen so lebhaft bewegt habe wie Eingriffe in die hervorgebrachten Vorstellungen von Raum und Zeit“.

Die NEWTONsche Physik (→ NEWTON) war geprägt von den Vorstellungen des „absoluten Raumes“, der dem Körper gewissermaßen als unendlich großes Gefäß diene, und der „absoluten Zeit“, die im ganzen Weltall gleichmäßig und unabhängig von äußeren Ereignissen ablaufen sollte. Von diesen Raum- und Zeitvorstellungen wurde auch der Begriff der „absoluten Bewegung“ abgeleitet.

Erst zweihundert Jahre nach NEWTON war die physikalische Entwicklung so weit vorangeschritten, daß man diese Vorstellungen ernsthaft zu überdenken begann. Im Jahre 1883 schrieb MACH in seinem Buch über die Geschichte der Mechanik: „Eine Bewegung kann gleichförmig sein in bezug auf eine andere. Die Frage, ob die Bewegung an sich gleichförmig sei, hat gar keinen Sinn. Ebenso wenig können wir von einer absoluten Zeit (unabhängig von jeder Veränderung) sprechen. Diese



HENDRIK ANTOON LORENTZ
(1926)

absolute Zeit kann an gar keiner Bewegung abgemessen werden, sie hat also auch gar keinen praktischen und auch keinen wissenschaftlichen Wert...“.[8; S. 238]

Als Vergegenständlichung des „absoluten Raumes“ hatte man über lange Zeit hinweg einen im Raum absolut ruhenden Lichtäther als vermeintlichen Träger der Lichtwellen angesehen. In den Jahren 1881 und 1887 konnte MICHELSON in wichtigen Experimenten zeigen, daß man eine Bewegung der Erde in einem solchen Äther nicht nachweisen kann. Die Lichtgeschwindigkeit erwies sich als völlig konstant und unabhängig von der Bewegung der Lichtquelle bzw. des Beobachters. Es gab nun verschiedene Versuche, den für die Ätherhypothese negativen Ausgang des MICHELSON-Experiments zu interpretieren.

Bereits zehn Jahre vor EINSTEIN hatte LORENTZ im Anschluß an Gedanken von FITZGERALD eine mechanische Verkürzung schnell bewegter Körper in ihrer Bewegungsrichtung angenommen („LORENTZ-Kontraktion“). Das war eine geistreiche, aber theoretisch unbefriedigende Zusatzhypothese, um die Äther-Vorstellung zu retten.

HENDRIK ANTOON LORENTZ (1853 bis 1928), war nach seinem Physikstudium an der Universität Leiden zunächst als Lehrer tätig. Im Jahre 1878 übernahm er in Leiden den ersten niederländischen Lehrstuhl für Theoretische Physik, den er bis 1912 innehatte. Wegen seiner mannigfaltigen physikalischen Interessen und seiner guten Sprachkenntnisse hat er viel für die internationale Zusammenarbeit und Verständigung der Physiker getan. So leitete er häufig internationale Tagungen und war ständiger Teilnehmer der Solvay-Kongresse. Nach der Flutkatastrophe in Nordholland im Jahre 1916 übernahm er die Planungsarbeiten für die Trockenlegung der Zuider-See. [9],[10]

Das physikalische Hauptwerk von LORENTZ war seine Elektronentheorie, wonach alle elektrischen und magnetischen Erscheinungen ausschließlich durch das Verhalten elektrischer Ladungsträger verursacht werden. Jede elektrische Ladung ist

im elektrischen und im magnetischen Feld einer Kraft („Lorentz-Kraft“) unterworfen. Für die theoretische Deutung der von seinem Schüler ZEEMAN 1896 gefundenen Einwirkung magnetischer Felder auf die Strahlungsemission von Atomen („ZEEMAN-Effekt“) erhielt LORENTZ zusammen mit ZEEMAN im Jahre 1902 den Nobelpreis für Physik.

In einer Arbeit, die 1904 der Amsterdamer Akademie vorgelegt wurde, hat LORENTZ die später nach ihm benannten Transformationen angegeben, denen gegenüber die Maxwellschen Gleichungen invariant sind. Jedoch gelang es ihm nicht, die mechanischen Vorstellungen über den Äther und die absolute Zeit zu überwinden.

Dagegen brach EINSTEIN 1905 radikal mit den mechanischen Auffassungen, die seit NEWTON die Physik beherrschten. Er verknüpfte das von ihm als Prinzip der Relativität bezeichnete Unvermögen, zwischen Ruhe und gleichförmiger geradliniger Bewegung zu unterscheiden, mit dem Prinzip der Konstanz der Vakuumlichtgeschwindigkeit als objektive Voraussetzungen. Diese bedingten eine Abhängigkeit der Feststellung der Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse vom Bewegungszustand des Beobachters. Hieraus ergeben sich weitere wichtige Folgerungen, wie die Längenkontraktion, die Zeitdilatation und das relativistische Additionstheorem der Geschwindigkeiten. Auch die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse, auf die einige Physiker bei Experimenten mit schnellen Elektronen bereits vor EINSTEIN gestoßen waren, konnte jetzt vollständig theoretisch erklärt werden. Dieses Theorem mußte beim Bau von Elementarteilchenbeschleunigern berücksichtigt werden.

Ihre endgültige mathematische Form erhielt die Spezielle Relativitätstheorie durch EINSTEINS früheren Lehrer MINKOWSKI. Er hat im Jahre 1908 die vierdimensionale Raum-Zeit-Darstellung, die sogenannte „Minkowski-Welt“, eingeführt. [12]

In einer ergänzenden, ebenfalls 1905 erschienenen Arbeit [13] deckte EINSTEIN mit der Gleichung $E = m \cdot c^2$ den universellen Zusammenhang von Masse und Energie auf, der u. a. in der Kernphysik außerordentlich wichtig wurde. Diese Beziehung verknüpft die beiden historisch entstandenen Erhaltungssätze von Masse und Energie zu einem einzigen Erhaltungssatz auf höherer Ebene.

Nach seiner Habilitation für Theoretische Physik im Jahre 1908 war EINSTEIN an der Universität Bern – neben seiner Beschäftigung am Patentamt – als Privatdozent tätig. 1909 wurde er zum Professor an die Universität Zürich berufen. Nach drei Semestern in Prag kehrte er im Sommer 1912 wieder nach Zürich zurück, diesmal jedoch an die Eidgenössische Technische Hochschule. Das Jahr 1913 brachte für EINSTEIN die wohl folgenschwerste Entscheidung seines Lebens. Führende deutsche Physiker (PLANCK, NERNST) boten ihm an, als ordentliches und zugleich hauptamtliches Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften und als Direktor des geplanten Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik in Berlin zu arbeiten. Seine Bedenken, in die Hochburg des deutschen Imperialismus und Militarismus übersiedeln, wurden durch die in Aussicht gestellten sehr günstigen Arbeitsbedingungen zerstreut. Im April 1914 traf EINSTEIN in Berlin ein.

Zürich, 2. XII. 1913

An den kgl. Preussische Akademie der Wissenschaften.

Ich danke Ihnen herzlich dafür, dass Sie mich zum ordentlichen Mitglied Ihrer Körperschaft gewählt haben und erlaube mir, dass ich diese Wahlannahme nicht nur bei sich Ihnen dafür danke, dass Sie mir eine Stellung in Ihrer Mitte anbieten, in der ich mich frei von Berufspflichten wissenschaftlichen Arbeit widmen kann. Man sieht daran deutlich, dass eine glatte Absetzung der technischen meines Denkens das heißt, kann ich das habe, wie geschätzt angesehen nur mit einem gewissen Rangplatz hinnehmen. Es hat mich aber der Gedanke zur Annahme der Wahl, dass von einem Menschen nichts anderes erwartet werden kann, als dass es seine ganze Kraft in einen guten Sache investiert, und dazu fähig ist, nicht nur die Befähigung.

Ich habe in freundlicher Weise die Wahl des zweiten Mitglieds meiner Klasse, nach Ihnen und ich danke. Im Hinblick darauf erlaube ich, dass ich meine Unterschrift in den ersten Tagen des April 1914 anzuordnen wünsche.
Mit aller Hochachtung
A. Einstein, Zürich.

Brief EINSTEIN

an die

Preussische Akademie der Wissenschaften
(1913)

Vier Monate danach brach der erste Weltkrieg aus. Dem deutschen Imperialismus war es gelungen, große Teile der Bevölkerung in einen nationalistischen Taumel zu versetzen. Auch bekannte Wissenschaftler und Künstler beteiligten sich an der haßerfüllten Kriegsverherrlichung. Das Manifest der 93 deutschen Geisteswissenschaftlichen vom Oktober 1914, in dem der deutsche Militarismus als der Retter der Nation gepriesen wurde, war auch von so bedeutenden Physikern wie RÖNTGEN, LAUE und PLANCK unterschrieben worden. EINSTEIN dagegen wandte sich mit dem „Aufruf an die Europäer“ und weiteren politischen Erklärungen an die Öffentlichkeit, in denen er für eine rasche Beendigung des Völkermordens eintrat. Im November 1914 war er einer der Mitbegründer der Antikriegsorganisation „Bund Neues Vaterland“, zu deren Förderern auch KARL LIEBKNECHT und ROSA LUXEMBURG gehörten. Mit großer Erleichterung begrüßte EINSTEIN im Jahre 1918 die Beendigung des Krieges und den militärischen und politischen Zusammenbruch des wilhelminischen Kaiserreiches.

Anerkennende Worte fand EINSTEIN für die siegreiche Revolution der russischen Arbeiter und Bauern im Herbst 1917. Über LENIN sagte er, daß Männer wie er „die Hüter und Erneuerer des Gewissens der Menschheit“ sind. EINSTEIN war eines der ersten Mitglieder der 1923 gegründeten „Gesellschaft der Freunde des neuen Rußland“ und Ehrenvorsitzender der sowjetisch-deutschen Gesellschaft „Kultur und Technik“.

Während des Krieges vollbrachte EINSTEIN weitere wissenschaftliche Höchstleistungen. Anfang 1916 veröffentlichte er seine Arbeit „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“ [14], die die Zusammenfassung langjähriger Untersuchungen darstellte.

EINSTEIN zeigte, daß die Verteilung der Massen im Raum dessen Geometrie und damit die Raumkrümmung bestimmt. Dies verlangte einen Übergang von der euklidischen zur Riemannschen Geometrie, in deren Rahmen gekrümmte Räume zu beschreiben sind.

1. Die Grundlage
der allgemeinen Relativitätstheorie;
von A. Einstein.

Die im nachfolgenden dargestellte Theorie bildet die denkbar weitgehendste Verallgemeinerung der heute allgemein als „Relativitätstheorie“ bezeichneten Theorie; die letztere nimmt sich im folgenden zur Unterbreitung von der weiteren, allgemein Relativitätstheorie, und setzt sie als bekannt voraus. Die Verallgemeinerung der Relativitätstheorie wurde sehr wesentlich durch die Resultate, welche der spanische Relativitätstheoretiker durch Minkowski gegeben wurde, welcher Mathematiker zuerst die formale Gleichwertigkeit der räumlichen Koordinaten mit der Zeitkoordinate klar erhellte und für den Aufbau der Theorie entscheidend wirkte. Die für die allgemeine Relativitätstheorie nötigen mathematischen Hilfsmittel liegen bereits in dem „absoluten Differenzialkalkül“, welcher auf den Forschungen von Gauss, Riemann und Christoffel über nicht-euklidische Mannigfaltigkeiten ruht und von Hilbert und Levi-Civita in ein System gebracht und bereits auf Probleme der Geometrischen Physik angewandt wurde. Ich habe im Abschnitt II der vorliegenden Abhandlung alle für die Theorie der Physik selbst als bekannt vorausgesetzenden mathematischen Hilfsmittel in möglichst einfacher und durchsichtiger Weise entwickelt, so daß ein Studium mathematischer Literatur für das Verständnis der vorliegenden Abhandlung nicht erforderlich ist. Bezüglich der an dieser Stelle dankbar einem Freunde, dem Mathematiker Grossmann, gefolgt, der mir durch seine Hilfe ganz zur das Studium der einschlägigen mathematischen Literatur erspart, werden mich auch beim Suchen nach den Fehlschlägen der Darstellung unterstützen.

Zur Verifizierung der Allgemeinen Relativitätstheorie hatte EINSTEIN drei Effekte angegeben. Die Perihel-Drehung des Merkur konnte er erklären und sehr genau berechnen. Für die Ablenkung des Sternenlichts im Schwerfeld der Sonne hat er Voraussagen gemacht, die 1919 von einer englischen Sonnenfinsternis-Expedition bestätigt wurden. Auch die Rotverschiebung von Photonen im Gravitationsfeld wurde aus der Theorie vorausgesagt und zunächst nur in grober Näherung beobachtet.

Die Allgemeine Relativitätstheorie bestätigte die vom dialektischen Materialismus aufgestellte These, daß Raum und Zeit Existenzformen der sich bewegenden Materie sind.

Im Jahre 1917 legte EINSTEIN eine weitere grundlegende Arbeit vor, in der er das Modell eines unbegrenzten, jedoch räumlich endlichen, nichteuklidischen Weltalls entwickelte. Wenn dieses statische Modell auch bald von anderen abgelöst wurde, so eröffnete EINSTEIN doch einen neuen Abschnitt des kosmologischen Denkens. Seine Hypothese warf auch grundlegende erkenntnistheoretische Probleme auf, da die von ihm eingeführte Unterscheidung zwischen „endlich“ und „begrenzt“ von vielen Physikern und Philosophen zunächst nicht verstanden worden war. [2; S. 69]

Wesentlich waren auch EINSTEINS weitere Arbeiten zur Quantenphysik. Bereits 1907 wandte er das PLANCKSche Quantenkonzept auf die Theorie der spezifischen Wärme fester Körper an. Seine Aussagen wurden ab 1909 von NERNST und dessen Mitarbeitern experimentell bestätigt. 1917 legte EINSTEIN Arbeiten zur Quantenphysik der Strahlung vor, in denen das Plancksche Strahlungsgesetz mit den Mitteln der statistischen Physik hergeleitet wurde. Obwohl er in diesen und weiteren Arbeiten wichtige Grundlagen für die statistische Interpretation der Quantentheorie geschaffen hat, äußerte er gegen die Kopenhagener Deutung von BOHR (↗ BOHR) und HEISENBERG (↗ HEISENBERG) ernste physikalische und philosophische Bedenken. Bei vielen Gelegenheiten sagte EINSTEIN, daß er nicht an einen

Mathematisch-Physikalische Arbeitsgemeinschaft an der Universität Berlin

Mittwoch, 23. Februar 1927, abends 8½ Uhr
(Eintritt 8 Uhr)

Universität, Auditorium Maximum (122)

VORTRAG
des Herrn

Prof. Dr. A. Einstein

„Theoretisches und Experimentelles
zur Frage der Lichtentstehung“

Eintrittskarten nur im Vorverkauf täglich von 12–2 und 6–7 im Zimmer 146 der Universität

Plakat
für einen Vortrag EINSTEINS
an der
Berliner Universität
(1927)

„würfelnden Gott“ glauben könne und deshalb der klassischen Kausalitätsauffassung nahestehe. [3; S. 221]

EINSTEIN hatte auch vielfältige Beziehungen zur experimentellen Physik. Er war Mitinhaber von Patenten. Die im Jahre 1915 gemeinsam mit DE HAAS in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin erzielten experimentellen Ergebnisse sind als EINSTEIN-DE-HAAS-EFFEKT bekannt geworden. Dieser konnte erst 1925 als Folge des Elektronenspins erklärt werden. [18]

Unter dem Eindruck der Klassenkämpfe in der Weimarer Republik verstärkte sich EINSTEINS politische Aktivität. Nach seiner Grundüberzeugung gehörte er zum linken Flügel des demokratischen deutschen Bürgertums. Aus humanistischer Gesinnung unterstützte er jeden Kampf gegen Unterdrückung und Ausbeutung, gegen Nationalismus und Militarismus. Auch den Forderungen der Arbeiterklasse gegenüber war er aufgeschlossen. 1930 sprach er in der „Marxistischen Arbeiterschule“, abgekürzt „Masch“, vor Berliner Werktätigen über seine physikalischen Arbeiten, aber auch über philosophische und politische Probleme. [2; S. 73]

Seit Beginn der zwanziger Jahre wurde vor allem in Deutschland von reaktionären Kräften ein planmäßiger Verleumdungsfeldzug gegen den Schöpfer der Relativitätstheorie und sein wissenschaftliches Werk geführt. Seine Theorie wurde als zu abstrakt und daher „undeutsch“, „artfremd“ und „jüdisch“ bezeichnet. Die Mehrzahl der deutschen Physiker verteidigte EINSTEIN und setzte sich sachlich mit seinen physikalischen Auffassungen auseinander.

Nach der Trennung von seiner Frau heiratete EINSTEIN im Sommer 1919 seine Kusine Elsa, bei der er schon seit längerer Zeit wohnte und die ihn in den folgenden Jahren auf Vortragsreisen in viele Länder der Welt begleitete. Auf diesen Reisen wollte er nach seinen eigenen Worten ein „Botschafter des Friedens“ sein und für die Verständigung der Völker eintreten. Mit großer Besorgnis beobachtete EINSTEIN das Anwachsen faschistischer Aktivitäten. Um der „entsetzlichen Gefahr der Faschisierung“ entgegenzutreten, trat er vor den Reichstagswahlen im Juli 1932 zu-



EINSTEIN
eröffnet
die
7. Deutsche
Rundfunkausstellung
(1930)

sammen mit HEINRICH MANN und KÄTHE KOLLWITZ dafür ein, daß KPD und SPD sich über gemeinsame Kandidatenlisten zu einem Einheitsblock zusammenschließen sollten. Beim Machtantritt der Faschisten in Deutschland im Jahre 1933 kehrte er von einem Auslandsaufenthalt nicht mehr zurück. Aus Protest trat er auch aus der Berliner Akademie aus. SA-Männer durchsuchten seine Berliner Wohnung. Das Sommerhaus in Caputh bei Potsdam und sein gesamtes Vermögen wurden beschlagnahmt.

Nach einigen Zwischenstationen ließ sich EINSTEIN in Princeton in den USA nieder, wo er am „Institute for Advanced Study“ wirkte. Seine Forschungsarbeiten waren hier vor allem der Formulierung einer einheitlichen Feldtheorie von Gravitation und Elektromagnetismus gewidmet. Auch weiterhin prangerte er bei allen Gelegenheiten mit dem ganzen Gewicht seines internationalen Ansehens die von den Hitlerfaschisten begangenen Schandtaten und Willkürmaßnahmen an. Im Jahre 1939 unterzeichnete er einen von dem ebenfalls emigrierten ungarischen Physiker SZILARD verfaßten Appell an den USA-Präsidenten ROOSEVELT, dem in Deutschland möglichen Bau einer Atombombe zuvorkommen. [15; S. 274ff.] Über den verbrecherischen Abwurf der Atombomben auf die japanischen Städte Hiroshima und Nagasaki war EINSTEIN tief erschüttert.

Nach dem Kriege trat EINSTEIN engagiert gegen die amerikanische „Atom-Diplomatie“, für Abrüstung und die friedliche Koexistenz von Staaten mit unterschiedlicher Gesellschaftsordnung ein. Er wandte sich gegen den hysterischen Antikommunismus in den USA und äußerte sich auch kritisch über die ausschließlich am Profit orientierte kapitalistische Wirtschaft. In einem Aufsatz, der 1949 unter dem Titel „Warum Sozialismus?“ erschien, drückte er seine Überzeugung aus, daß es nur ein Mittel zur Überwindung der Übel des Kapitalismus gibt: die Errichtung einer sozialistischen Wirtschaft mit einem auf soziale Ziele abgestellten Erziehungssystem. [22; S. 10]

Noch in seinen letzten Lebenstagen unterschrieb EINSTEIN einen von dem engli-

EINSTEINS
Blockhaus
in Caputh
bei Potsdam



schen Philosophen und Kriegsgegner **BERTRAND RUSSEL** und ihm entworfenen Aufruf an die Regierungen der Großmächte, in dem die Gelehrten die Menschheit vor dem Versuch einer Selbstvernichtung durch einen Kernwaffenkrieg warnten.

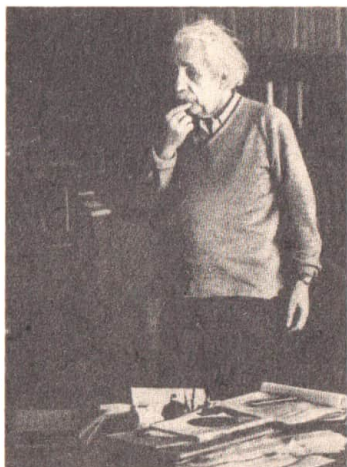
Dieses **RUSSEL-EINSTEIN**-Manifest regte die Bewegung der internationalen Pugwash-Konferenzen gegen den Atomkrieg an, die bis heute wichtige Aktivitäten im Friedenskampf darstellen.

Am 18. April 1955 ist **EINSTEIN** in Princeton gestorben. Er hatte jede Trauerfeier untersagt und wünschte kein Grabmal. Verwandte und langjährige Freunde nahmen schweigend von ihm Abschied.

EINSTEINS Vermächtnis ist in unserer Republik in guten Händen. An der wissenschaftlichen Erschließung und Weiterführung seines Werkes sind Forschung und Institutionen der DDR aktiv beteiligt. Sein Kampf für Frieden, Fortschritt und Völkerverständigung ist untrennbarer Bestandteil unserer gesellschaftlichen Ordnung.

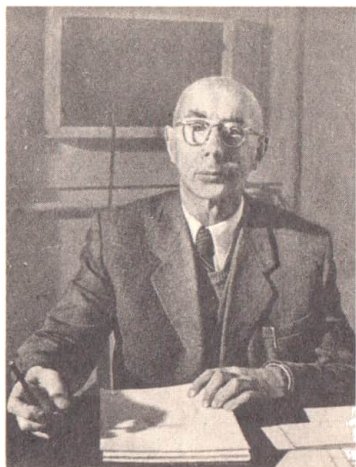
Lebensdaten zu **ALBERT EINSTEIN**

1879	am 15. März in Ulm geboren
1896	Beginn des Physikstudiums an der Technischen Hochschule Zürich
1902	Gutachter am Patentamt in Bern. Gründung der „Akademie Olympia“
1903	Heirat mit MILEVA MARIC
1905	Promotion an der Universität Zürich mit einer Arbeit zur Molekülphysik Veröffentlichung bedeutender Arbeiten zum Fotoeffekt und zur Speziellen Relativitätstheorie
1908	Habilitation an der Universität Bern
1909	Professor für Theoretische Physik an der Universität Zürich
1914	Berufung zum ordentlichen und hauptamtlichen Mitglied der Preussischen Akademie der Wissenschaften in Berlin
1916	Zusammenfassung seiner Arbeiten zur Allgemeinen Relativitätstheorie



EINSTEIN
(um 1954)

- Gesellschaft zu Berlin am 29. Juni 1928. In: „Die Naturwissenschaften“ Berlin 16 (1928) 28, S. 549 bis 555.
- [10] Kant, H.: Hendrik Antoon Lorentz und die Elektronentheorie. In: „Physik in der Schule“ Berlin 16 (1978) 6, S. 225 bis 229.
- [11] Schmutzer, E.: Relativitätstheorie – aktuell. Ein Beitrag zur Einheit der Physik. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1979.
- [12] Minkowski, H.: Raum und Zeit, In: H. A. Lorentz/A. Einstein/H. Minkowski: Das Relativitätsprinzip. Eine Sammlung von Abhandlungen. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig 1915, S. 56 bis 68.
- [13] Einstein, A.: Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? In: H. A. Lorentz/A. Einstein/H. Minkowski: Das Relativitätsprinzip. Eine Sammlung von Abhandlungen. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig 1915, S. 53 bis 55.
- [14] Einstein, A.: Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. In: „Annalen der Physik“ Leipzig 49 (1916), S. 769 bis 833.
- [15] Herneck, F.: Einstein und sein Weltbild. Aufsätze und Vorträge. Buchverlag Der Morgen, Berlin 1976.
- [16] Kuznecov, B. G.: Einstein. Leben, Tod, Unsterblichkeit. Akademie-Verlag, Berlin 1977.
- [17] Melcher, H.: Albert Einstein wider Vorurteile und Denkgewohnheiten. Akademie-Verlag, Berlin 1979.
- [18] Melcher, H.: Albert Einstein und die experimentelle Physik. In: „Physik in der Schule“ Berlin 17 (1979) 1/2, S. 1 bis 18.
- [19] Griesse, A./Wahsner, R.: Philosophische Konsequenzen der Revolutionierung der Physik durch Einstein. In: „Physik in der Schule“ Berlin 13 (1975) 6, S. 241 bis 250 und S. 252.
- [20] Treder, H. J. und Ch. Kirsten (Herausgeber): Albert Einstein in Berlin, Teil I und II. Akademie-Verlag, Berlin 1979.
- [21] Schlicker, W.: Albert Einstein. Physiker und Humanist. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1981.
- [22] Schreier, W.: Aus dem Leben Albert Einsteins. In: Leipziger Universitätsreden, Neue Folge, Heft 54. Karl-Marx-Universität Leipzig 1979, S. 6 bis 10.
- [23] Treder, H. J.: Große Physiker und ihre Probleme. Akademie-Verlag, Berlin 1983.



GUSTAV HERTZ

GUSTAV HERTZ (1887 bis 1975)

Für die „Entdeckung der Gesetze des Stoßes eines Elektrons und eines Atoms“ erhielten JAMES FRANCK (1882 bis 1964) und GUSTAV HERTZ den Nobelpreis für das Jahr 1925. Das für die Erforschung dieses Zusammenhanges grundlegende Experiment ging unter dem Namen Franck-Hertz-Versuch in die Physikgeschichte ein und erwies sich als eine glänzende Bestätigung des Bohrschen Atommodells. Für die physikalische Entwicklung in der DDR wurde vor allem HERTZ' Bemühen um die Entwicklung einer leistungsfähigen Kernphysik in unserer Republik fruchtbar.

GUSTAV LUDWIG HERTZ wurde am 22. Juli 1887 in Hamburg als Sohn eines Juristen geboren. Sein Onkel war der berühmte Physiker HEINRICH HERTZ. Diese verwandtschaftliche Beziehung war allerdings nur von mittelbarem Einfluß auf HERTZ' frühzeitiges Interesse an Mathematik und Physik. Vielmehr war die Tatsache entscheidend, daß sich Gustavs Vater für die Arbeiten seines Bruders interessierte und die generelle Bedeutung der Naturwissenschaften für die moderne Gesellschaft erkannt hatte.

Diesem naturwissenschaftlichen Interesse des Vaters verdankte es der Sohn, daß er ein Realgymnasium – das Johanneum in Hamburg – besuchen konnte. Dort wirkten sehr gute Lehrer, die besonders sein Interesse für Mathematik und Physik förderten. So reifte schon frühzeitig in ihm der Wunsch, diese Fächer später auch zu studieren.

Nach seiner Reifeprüfung 1906 studierte HERTZ zunächst zwei Semester in Göttingen und ein Semester in München. Göttingen war damals das Zentrum der mathematischen Forschung.

In München entschied er sich dann endgültig für die Physik, nachdem er Vorlesungen bei SOMMERFELD gehört hatte und auch mit dessen Assistenten PETER DE-BYE bekannt geworden war.



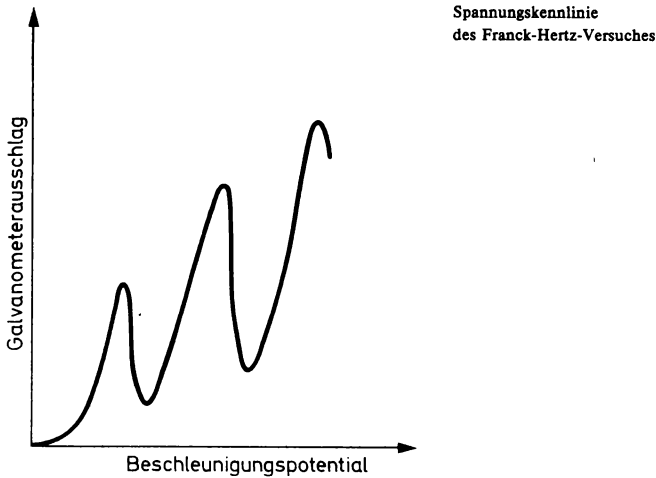
JAMES FRANCK
(Aufnahme von G. HERTZ 1964)

Nach Ableistung der einjährigen Militärzeit ging HERTZ zum weiteren Studium nach Berlin. Die Berliner Universität war zu jener Zeit eines der bedeutendsten Zentren der Naturwissenschaften.

1909 begann GUSTAV HERTZ unter RUBENS an seiner Dissertation zum Thema „Über das ultrarote Absorptionsspektrum der Kohlensäure in seiner Abhängigkeit von Druck und Partialdruck“ zu arbeiten, die er 1911 an der Philosophischen Fakultät der Berliner Universität einreichte. RUBENS hob in seinem Gutachten u. a. den exakten experimentellen Arbeitsstil von HERTZ hervor, der auch später für seine Forschungen kennzeichnend war.

Ab 1. Oktober 1911 war HERTZ Assistent am Physikalischen Institut der Berliner Universität. Jetzt begann eine enge Zusammenarbeit mit JAMES FRANCK, der bereits seit einigen Jahren Assistent am Physikalischen Institut war und sich 1911 habilitiert hatte. Diese Zusammenarbeit entwickelte sich bald zu einer bis zu FRANCKS Tod währenden Freundschaft. FRANCK beschäftigte sich seit einiger Zeit, angeregt durch seinen Lehrer E. WARBURG, mit Fragen der Elektrizitätsleitung in Gasen (insbesondere Ionenbeweglichkeit und das Verhalten freier Elektronen in Gasen). HERTZ schloß sich dieser Arbeitsrichtung an.

Auch JAMES FRANCK war gebürtiger Hamburger (26. August 1882). Er hatte an der Berliner Universität Physik studiert und 1906 bei EMIL WARBURG mit einer experimentellen Arbeit über die Beweglichkeit von Ladungsträgern in der Spitzenentladung promoviert. 1921, nachdem die FRANCK-HERTZ-Versuche allgemein bekannt geworden waren, wurde FRANCK als Ordinarius nach Göttingen berufen. Dort entwickelte sich eine enge Zusammenarbeit mit BORN. Nach der Machtergreifung des Hitlerfaschismus verließ der jüdische Wissenschaftler FRANCK Deutschland und ging zunächst nach Baltimore/USA, dann als Gastprofessor nach Kopenhagen zu BOHR; ab 1938 war er Professor für Physikalische Chemie an der Universität Chicago. Während des Krieges war er an Arbeiten am ersten Atomreaktor in Chicago



beteiligt. Die Ereignisse um 1933 hatten bei FRANCK das Bewußtsein gestärkt, daß sich auch der Wissenschaftler für die Entwicklung des öffentlichen Lebens interessieren muß, und das ließ ihn in der Folge immer wieder gegen den Mißbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse auftreten. 1945 entstand unter seiner Leitung in den USA der sogenannte FRANCK-Bericht über Konsequenzen der Entwicklung der Atomenergie, in dem auf die friedliche Nutzung orientiert und vor dem geplanten Atombombenabwurf über Japan gewarnt wurde. FRANCK starb am 21. Mai 1964 in Göttingen.

Im Jahre 1913 wurden von FRANCK und HERTZ jene berühmten Elektronenstoßversuche konzipiert, die sich später als wesentliche experimentelle Stütze der Bohrschen Atomtheorie und der Quantentheorie erweisen sollten. Ziel der Untersuchungen war zunächst jedoch eine Überprüfung von TOWNSENDS Theorie der Stoßionisation, die mit experimentellen Ergebnissen nicht übereinstimmte.

Das Versuchsprinzip bestand darin, in einer quecksilbergasgefüllten Triode mit Glühkatode die Elektronen durch ein veränderliches elektrisches Feld zu beschleunigen. FRANCK und HERTZ stellten fest, daß es nur bei bestimmten Spannungen (Vielfache von 4,9 V) zu unelastischen Stößen kommt, bei denen die Elektronen fast ihre gesamte Bewegungsenergie abgeben, was zu einem Stromabfall an der Röhre und zu einer Lichtemission entsprechender Wellenlänge führt. Die Ergebnisse veröffentlichten sie 1914.[1]

Daß durch diese Versuche vor allem eine Bestätigung der Bohrschen Frequenzbedingung und damit seines Atommodells gegeben worden war, wurde FRANCK und HERTZ und vielen anderen Physikern erst um 1915 bewußt, insbesondere durch Hinweise von BOHR selbst. Zwar hatten FRANCK und HERTZ BOHRs Arbeit von 1913 noch vor dem Erscheinen ihrer eigenen Arbeit gelesen, erkannten den Zusammenhang jedoch nicht. In einer Arbeit [2] von 1919 formulierten FRANCK und HERTZ den Zusammenhang mit BOHRs Theorie dann explizit.

*Über die Erzeugung der Quantentheorie aus dem
Zusammenstoß zweier Materiemengen
von J. Franck und G. Hertz.
(Eingegangen am 2. Mai 1913.)*

Bei den von uns angestellten Untersuchungen über die Zusammenstöße zwischen Elektronen und Molekülen einer Vakuumröhre oder einem Metallkathoden hat sich gezeigt, daß die Elektronen bei demartigen Zusammenstößen eine Energieverluste erleiden, welche dem klassischen Theorien einer kontinuierlichen Strahlung nicht entsprechen, daß sie jedoch beim Zusammenstoß eine ganz andere Verluste erleiden, welche dann gleich der kritischen Wellenlänge ist. Die kritische Wellenlänge ist eine, die jedes Gas charakteristische Wellenlänge und in den hohen Vakuumröhren können durch die Bestrahlungseffekte¹⁾ dieser Wellenlänge ausstrahlung werden. Diese Wellenlänge entspricht nun der Quantenenergie, denn nach dieser Theorie soll den Schwingungen der Elektronen im Atom Energie nicht in beliebigen Hertzigen, sondern nur in bestimmten Quanten zugeführt werden können. Die Frage, ob tatsächlich, wie dieser aus der Quantentheorie folgt, die gemessene in Überzeugung Energieverluste gleich den kritischen Wellenlängen korrespondieren und der Frequenz ν desjenigen Lichtes ist, welches die Energie empfangt²⁾, haben wir höherer hinaus (Quantenmechanik) mit einiger Sicherheit nachzuweisen können. Der obige Versuch hat nicht nur die kritische Wellenlänge Energie und großer Genauigkeit gewonnen, sondern man kann auch, mit großer Wahrscheinlichkeit die Frequenz des schwingenden Lichtes, in dem die Wellenlänge λ Frequenz ν durch die Quantenmechanik bestimmt ist, daß in jedem Quantenatom ein schwingungsfähiges Elektron mit der Wellenlänge λ zu entsprechenden Frequenz verbunden ist. Es ergibt sich, daß der gemessene Wert des geringsten, zu übertragenden Energie-

¹⁾ Literatur siehe Franck und Hertz, Zeits. f. Phys. 1913, 10, 369.

²⁾ Die Frequenz ν ist die kritische Wellenlänge λ durch die Gleichung $\lambda = c/\nu$.

³⁾ Die Frequenz ν ist die kritische Wellenlänge λ durch die Gleichung $\lambda = c/\nu$.

⁴⁾ Die Frequenz ν ist die kritische Wellenlänge λ durch die Gleichung $\lambda = c/\nu$.

⁵⁾ Die Frequenz ν ist die kritische Wellenlänge λ durch die Gleichung $\lambda = c/\nu$.

Erste Seite der Arbeit
zum Franck-Hertz-Versuch
aus den Verhandlungen
der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Zum Ausbruch des ersten Weltkrieges wurde auch HERTZ eingezogen und erlitt 1915 eine schwere Verwundung. Nach seiner Genesung arbeitete er zeitweilig in einer technischen Abteilung für Funkgeräte. 1917 habilitierte er sich als Privatdozent an der Berliner Universität mit der Arbeit „Über den Energieaustausch bei Zusammenstößen zwischen langsamen Elektronen und Gasmolekülen“. Diese Arbeit kann als ein wesentlicher Ausgangspunkt für die spätere Entwicklung der Plasma- und Gasentladungsphysik angesehen werden. – 1919 verheiratete sich GUSTAV HERTZ mit ELLEN DIHLMANN.

1920 ging HERTZ an das neugegründete Laboratorium der Philips-Glühlampenfabriken in Eindhoven (Holland). Er wollte dort seine Elektronenstoßversuche unter den Bedingungen größerer Reinheit der verwendeten Gase fortsetzen, deren Herstellung durch die industrielle Hochvakuumtechnik ermöglicht wurde. Mit Hilfe von Diffusionsverfahren erzielte er eine Reindarstellung der verwendeten Edelgase, die mit verfeinerten Meßmethoden nun eine genaue Bestimmung der Anregungs- und Ionisierungsenergien der Edelgase ermöglichten. Messungen an Edelgasen waren deshalb besonders schwierig, weil sie nur relativ kleine kritische Potentiale haben, die in den wegen der schwierigen Darstellung meist verunreinigt vorliegenden Proben verfälschte Meßergebnisse lieferten. 1922 konnte HERTZ den Erfolg verbuchen, mit der Diffusionsmethode das für seine Elektronenstoßversuche benötigte Helium aus einem Helium-Neon-Gemisch abzutrennen. Da die Philips-Glühlampenfabriken große Mengen Argon benötigten, wurde auch versucht, dieses Verfahren für die Argon-Stickstoff-Trennung einzusetzen. Es brachte jedoch gegenüber dem bisher benutzten Verfahren der Argongewinnung durch fraktionierte Destillation aus atmosphärischem Stickstoff keinen Vorteil.

Trotz der guten Arbeitsmöglichkeiten, die ein Industrielabor prinzipiell bot, vermißte HERTZ die Arbeit als Hochschullehrer. So folgte er 1926 einem Ruf als ordentlicher Professor an die Universität Halle. 1927 erhielt er eine Professur an der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg.

Unter HERTZ' Leitung entstand der Neubau eines hervorragend eingerichteten physikalischen Instituts. Neben dem berühmten, von M. VON LAUE geleiteten Kolloquium der Berliner Universität führte HERTZ ein ebenfalls sehr beachtetes Kolloquium ein, das besonders Physiker aus der Berliner Industrie vereinte. Mit seinen Assistenten und Diplomanden führte er außerdem ein regelmäßiges Tee-Kolloquium durch. Hier lernten seine Schüler sein exaktes Denken und klares Formulieren kennen.

In seiner Forschungsarbeit befaßte sich HERTZ wieder mit dem von ihm im Philips-Laboratorium entwickelten Diffusionsverfahren zur Trennung von Gasgemischen und versuchte, dieses auf die Trennung von Isotopen zu übertragen. 1932 konnte er über die Entwicklung eines entsprechenden Verfahrens berichten. Dabei sah HERTZ zunächst noch keine technische Anwendungsmöglichkeit, obwohl er stets versuchte, auch in primär auf Erkenntniszuwachs ausgerichteten Arbeiten praktische Nutzungsmöglichkeiten deutlich zu machen. Daß knapp zehn Jahre später in den USA technische Diffusionskaskaden großen Ausmaßes zur Gewinnung von angereichertem Uran gebaut wurden, konnte damals noch niemand ahnen, denn die Kernspaltung war noch nicht entdeckt.

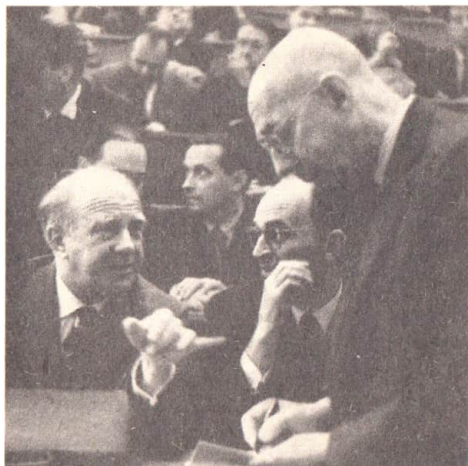
Da er wegen seiner jüdischen Abstammung unter den Bedingungen der faschistischen Diktatur in seinem Wirken als Hochschullehrer behindert wurde, gab HERTZ 1935 dieses Amt auf und übernahm Aufbau und Leitung eines Forschungslaboratoriums der Siemens-Werke in Berlin. Hier arbeitete HERTZ u. a. auf den Gebieten der Feldelektronenemission, der Halbleiter, der Gasentladungen, des Fotoeffekts und des Ultraschalls (u. a. zum Löten feinsten Aluminiumdrähte). Unter seiner Leitung entwickelte beispielsweise E. W. MÜLLER im Zusammenhang mit seiner Dissertation das Feldelektronenmikroskop (1937).

Nachdem seine Frau Ellen 1941 gestorben war, heiratete HERTZ im Jahre 1943 CHARLOTTE JOLLASSE.

Nach Beendigung des zweiten Weltkrieges folgte GUSTAV HERTZ 1945 einer Einladung in die Sowjetunion. An der Küste des Schwarzen Meeres wurde unter seiner Leitung ein leistungsfähiges Institut aufgebaut, das sich zunächst wesentlich mit der Weiterentwicklung der Isotopentrennmethode bis zur industriellen Anwendung befaßte.

1954 kehrte GUSTAV HERTZ in die DDR zurück und nahm einen Ruf auf den Lehrstuhl für Experimentalphysik an der Karl-Marx-Universität Leipzig an, wo er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1961 gleichzeitig Leiter des Physikalischen Instituts war. Im selben Jahr wurde er auch zum ordentlichen Mitglied der Akademie der Wissenschaften der DDR gewählt. Besondere Verdienste hat er sich bei der Entwicklung der Kernphysik in der DDR erworben. So fand unter seiner Leitung Ende 1955 an der Akademie der Wissenschaften eine Vortragsreihe über moderne Erkenntnisse der Kernphysik statt, die die Wissenschaftler der DDR mit den neuesten Entwicklungen auf diesem Gebiet vertraut machte. Die Zusammenfassung dieser Vorträge erschien unter der Herausgeberschaft von HERTZ als Sammelband; daneben gab er ein dreibändiges „Lehrbuch der Kernphysik“ heraus.

Als humanistisch gesinnter Wissenschaftler ist HERTZ immer entschieden für die



HEISENBERG, ROMPE UND HERTZ
(v. l. n. r.)
im Gespräch
auf der Jahreshaupttagung
der Physikalischen Gesellschaft
1958 in Leipzig

friedliche Verwendung der Kernenergie eingetreten. So trägt die bekannte Mainauer Erklärung der Nobelpreisträger von 1955 auch seine Unterschrift. Als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Rates für die friedliche Anwendung der Atomenergie beim Ministerrat der DDR hat er häufig die Gelegenheit genutzt, für einen Einsatz der Kernenergie zum Wohl der Menschheit einzutreten. In dieser Eigenschaft war er auch Mitglied der DDR-Delegation, die zur Gründung des Vereinigten Instituts für Kernforschung in Dubna weilte.

GUSTAV HERTZ wurden viele Ehrungen zuteil. Er war Mitglied mehrerer Akademien, Ehrenvorsitzender der Physikalischen Gesellschaft der DDR, Ehrendoktor der Berliner Humboldt-Universität (ebenso wie J. FRANCK), der Karl-Marx-Universität Leipzig und der Technischen Universität Dresden, hatte viele staatliche und wissenschaftliche Auszeichnungen erhalten. Für ihn selbst blieb jedoch stets die Leistung entscheidend, die er immer kritisch und unbestechlich einschätzte. – GUSTAV HERTZ starb am 30. Oktober 1975 in Berlin, mitten aus seiner Arbeit gerissen.

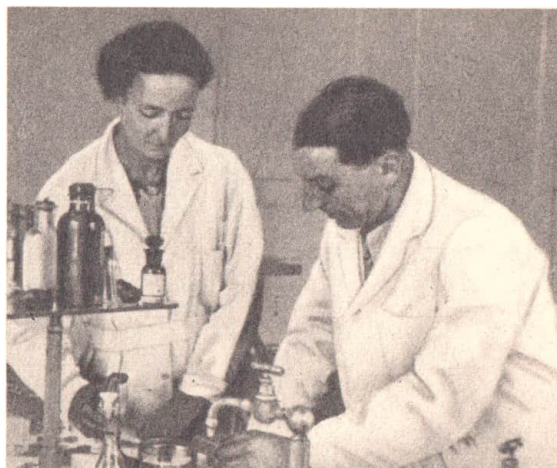
Lebensdaten zu GUSTAV HERTZ

1887	am 22. Juli in Hamburg geboren
1906	Reifeprüfung. Studienbeginn in Göttingen, dann München, später Berlin
1911	Promotion an der Berliner Universität. Beginn der Zusammenarbeit mit J. FRANCK
1913	Elektronenstoßversuche gemeinsam mit J. FRANCK
1920	HERTZ geht zu den Philips-Laboratorien
1922	Trennung von Gasgemischen durch Diffusion
1926	Nobelpreis für das Jahr 1925 für den Franck-Hertz-Versuch
1927	Professor für Physik an der TH Berlin-Charlottenburg
1932	Trennkaskade für gasförmige Isotopengemische

1935	HERTZ übernimmt die Leitung eines Forschungslaboratoriums bei den Siemens-Werken
1945	Leitung eines Forschungslaboratoriums in der UdSSR
1954	Rückkehr aus der UdSSR. Leitung des Physikalischen Instituts der Universität Leipzig. Mitglied der AdW der DDR
1961	Emeritierung. Sekretär der Klasse Mathematik/Physik der AdW der DDR
1975	am 30. Oktober stirbt HERTZ in Berlin

Literaturverzeichnis zu GUSTAV HERTZ

- [1] Franck, J./Hertz, G.: Über die Erregung der Quecksilberresonanzlinie $253,6 \mu$ durch Elektronenstöße. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 16 (1914) 11, S. 512 bis 517.
enthalten auch in: D. ter Haar, Quantentheorie. WTB Bd. 56, Akademieverlag, Berlin 1970 sowie in [3].
- [2] Franck, J./Hertz, G.: Die Bestätigung der Bohrschen Atomtheorie im optischen Spektrum durch Untersuchungen der unelastischen Zusammenstöße langsamer Elektronen mit Gasmolekülen. In: „Physikalische Zeitschrift“ 20 (1919) S. 132 bis 143.
- [3] Franck, J./Hertz, G.: Die Elektronenstoßversuche; Dokumente der Naturwissenschaft, Abt. Physik Bd. 9, hrsg. von Armin Hermann, Ernst Battenberg Verlag München 1967.
- [4] Hartmann, W.: Gustav Hertz 80 Jahre. Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Mathematik, Physik und Technik. Jg. 1967, Nr. 1, S. 5 bis 8.
- [5] Hertz, G.: Neues Verfahren zur Trennung von Gasgemischen durch Diffusion. In: „Physikalische Zeitschrift“ 23 (1922), S. 432.
- [6] Hertz, G.: Verfahren zur Trennung von gasförmigen Isotopengemischen. In: „Die Naturwissenschaften“ 20 (1932), S. 493.
- [7] Hertz, G.: Grundlagen und Arbeitsmethoden der Kernphysik. Akademie-Verlag, Berlin 1957.
- [8] Hertz, G.: Aus den Anfangsjahren der Quantenphysik. Sitzungsberichte der AdW der DDR 15 N/1975, S. 17 bis 37.
- [9] Kant, H.: Gustav Hertz – Notizen zu Leben und Werk. In: „Physik in der Schule“ (Berlin) 14 (1976) 1/2, S. 1 bis 10.
- [10] Kroebel, W.: James Franck zum 80. Geburtstag. In: „Die Naturwissenschaften“ 49 (1962) 16, S. 361 bis 363.
- [11] Lange, G. und J. Mörke: Wissenschaft im Interview. Urania-Verlag, Leipzig/Jena/Berlin 1979, S. 57 bis 68.
- [12] Rompe, R./Steenbeck, M.: Gustav Hertz in der Entwicklung der modernen Physik. Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Mathematik, Physik und Technik (Berlin) Jg. 1967, Nr. 1, S. 9 bis 13.
- [13] Fruchtbare Jahrzehnte für die Physik. Gespräch mit Akademiemitglied Gustav Hertz. In: „Spektrum“ (Berlin) 6 (1975) 2, S. 8 bis 11.
- [14] Les Prix Nobel en 1926. Hrsg. von der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften, Stockholm 1927.
- [15] Richter, G.: Physik und Industrie – aus dem Leben und Wirken des Nobelpreisträgers Prof. Dr. Gustav Hertz. Leipziger Universitätsreden, Neue Folge Heft 49, Karl-Marx-Universität Leipzig 1979.



IRÈNE
und
FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE

IRÈNE JOLIOT-CURIE (1897 bis 1956) und FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE (1900 bis 1958)

IRÈNE und FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE, Tochter und Schwiegersohn von MARIE und PIERRE CURIE, haben durch ihre Arbeiten, insbesondere durch die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität, maßgeblichen Anteil an der Entwicklung der Kernphysik. Beide waren zugleich aktive Friedenskämpfer.

Als erste Tochter von MARIE und PIERRE CURIE wurde IRÈNE CURIE am 12. September 1897 in Paris geboren. MARIE CURIE hatte gerade begonnen, sich intensiv mit der neuen, von BECQUEREL gefundenen Erscheinung der Radioaktivität zu beschäftigen. So fiel es ihr schwer, Mutterpflichten und wissenschaftliche Arbeit zu vereinen. Die gründliche Erziehung und Ausbildung ihrer Kinder lag ihr jedoch sehr am Herzen. Den Unterricht an den französischen Oberschulen in jener Zeit beurteilte MARIE CURIE als wenig sinnvoll, und deshalb gründete sie gemeinsam mit einigen ihr bekannten Professoren eine Schulgemeinschaft, in der nur wenige Kinder, so auch Irène und ihre Schwester Eve, in Mathematik und Naturwissenschaften, Literatur und Geschichte, aber auch über Kunst unterrichtet wurden. Nach der Reifeprüfung begann Irène bereits mit 17 Jahren das Studium an der Sorbonne.

Im ersten Weltkrieg unterstützte Irène ihre Mutter beim Aufbau des radiologischen Dienstes und setzte trotzdem ihr Studium fort. Sie fuhr bis in frontnächste Feldlazarette mit und half, Bedienungspersonal für die neuartigen Röntgengeräte auszubilden.

Ab 1918 arbeitete IRÈNE CURIE als Assistentin am Radiuminstitut in Paris zusammen mit ihrer Mutter. Dort begegnete sie im Jahre 1925 ihrem zukünftigen Ehepartner FRÉDÉRIC JOLIOT.

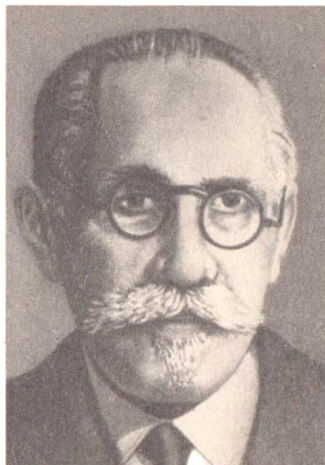
FRÉDÉRIC JOLIOT wurde am 19. März 1900 geboren. Er war das sechste Kind in der Familie eines Eisenwarenhändlers, der seine Kinder fortschrittlich erzog.



Nach dem Schulbesuch wurde Frédéric noch im Jahre 1918 in die französische Armee eingezogen, jedoch nicht mehr an der Front eingesetzt. 1919 begann er das Studium an der Hochschule für Industrielle Physik und Chemie, deren Direktor, LANGEVIN, gleichzeitig sein Lehrer war, mit dem er sich während seines ganzen Lebens eng verbunden fühlte. LANGEVIN, der in seinen Auffassungen den dialektischen Materialismus vertrat und nach der Ermordung seines Schwiegersohns durch die deutschen Faschisten Mitglied der Französischen Kommunistischen Partei wurde, hatte großen Anteil an der Verbreitung der Einsteinschen Theorien in Frankreich. Er arbeitete außerdem über kinetische Gastheorie, Magnetismus und Ultraschall. „Wir sind Ihnen dafür dankbar“, sagte FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE im Jahre 1945 an seinen Lehrer gewandt, „daß Sie uns auf allen Gebieten des Denkens und Handelns aufgeklärt haben, und deshalb bewundern und lieben wir Sie.“ [1; S. 91]

Im Jahre 1925 wurde FRÉDÉRIC JOLIOT, auf Vorschlag LANGEVINS, Assistent von Madame CURIE, nachdem er zuvor ein Ingenieurpraktikum in Luxemburg absolviert und die Prüfung als physikalischer Ingenieur mit der Note 1 bestanden hatte. Am Radiuminstitut begann nun für ihn nicht nur die gemeinsame wissenschaftliche Arbeit, sondern auch der gemeinsame Lebensweg mit Irène. Als sie im Jahre 1926 heirateten, verbanden sie ihre beiden Namen zu einem gemeinsamen Familiennamen.

Am Radiuminstitut bearbeiteten beide unter der Leitung MARIE Curies Probleme der Radioaktivität. Die Dissertation von Frédéric, die er 1930 verteidigte, behandelte Probleme der Elektrochemie des radioaktiven Poloniums, während Irène bereits 1925 über die Eigenschaften der Alphastrahlung des Poloniums promoviert hatte. „Unter der Leitung eines außergewöhnlichen Lehrers – MARIE CURIE – hatte ich also das Glück, meine Lehrzeit als Forscher auf einem höchst fesselnden und lebendigen Gebiet der Wissenschaften zu absolvieren“, schrieb FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE später. [1; S. 53]



1930 wurde durch BOTHE und BECKER die Existenz einer neuen, sehr durchdringenden Strahlenart bekannt, die nach dem Einwirken von Alphastrahlen auf Beryllium entstand. Das Forscherehepaar JOLIO-CURIE änderte die Versuchsbedingungen ab und fand im Januar 1932 heraus, daß mit Hilfe der „Bothe-Becker-Strahlung“ Atomkerne aus bestimmten Substanzen herausgeschossen werden konnten. Aus der Kenntnis dieser Tatsache folgte kurz darauf im Februar 1932 der englische Physiker CHADWICK, daß es sich um elektrisch neutrale Teilchen handeln müsse, die in der Lage sind, tief in den Atomkern einzudringen, ohne von dessen positiven Ladungen abgelenkt zu werden. Für diese Entdeckung des Neutrons erhielt CHADWICK 1935 den Nobelpreis.

In der Folgezeit untersuchten IRÈNE und FRÉDÉRIC JOLIO-CURIE zahlreiche Einzelfragen: die Größe der kinetischen Energie sowie die Masse, der Neutronen und ihre Eigenschaften, die Wirkungsquerschnitte und Reichweiten der Neutronenemission, den Erzeugungsmechanismus, die Positronen u. a. m.

Im Jahre 1934 hatten sie ihren größten wissenschaftlichen Erfolg, die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität. Bei der Bestrahlung von Aluminium mit Alphateilchen entdeckten sie eine radioaktive Strahlung, die auch nach dem Ende des Experiments, allerdings mit rasch abnehmender Intensität, anhielt. Die weitere Untersuchung zeigte, daß radioaktiver Phosphor mit einer Halbwertszeit von 2,5 Minuten entstanden war, der in der Natur nicht vorkommt und schließlich weiter zu stabilem Silizium zerfällt. Auf gleichem Wege gewannen die beiden Forscher aus Bor radioaktiven Stickstoff. Es gelang ihnen, die neuen Radioelemente nicht nur auf Grund der mit der natürlichen Radioaktivität vergleichbaren Strahlung zu identifizieren, sondern gleichzeitig auf chemisch analytischem Wege den Existenznachweis zu führen.

Die Bedeutung der Entdeckung von IRÈNE und FRÉDÉRIC JOLIO-CURIE, für die sie im Jahre 1935 den Nobelpreis für Chemie erhielten, wird besonders deutlich, wenn man daran denkt, daß bis heute mehr als 1000 radioaktive Isotope erzeugt



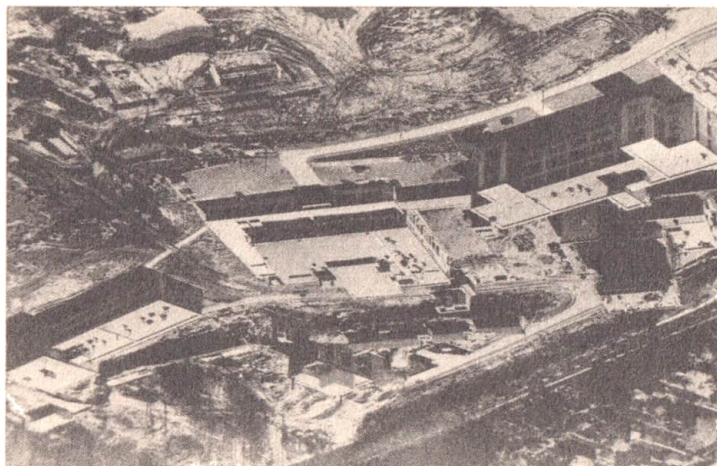
IRÈNE CURIE

worden sind, von denen ein Teil in der Industrie, in der Medizin, aber auch in der Forschung mit großem Nutzen angewendet werden.

IRÈNE JOLIO-CURIE hatte bereits 1929 mit Unterstützung ihres Mannes eine neue Methode zur Gewinnung von hochaktivem Radium entwickelt und auf der Grundlage dieser Arbeiten 1931 ihre Habilitationsschrift über die Elektrochemie der radioaktiven Elemente verfaßt. Nach der Entdeckung der künstlichen Radioaktivität beteiligte sie sich nicht mehr unmittelbar an der experimentellen Forschung, zumal die Erziehung ihrer Kinder, die 1927 geborene Tochter Helen und den 1932 geborenen Sohn Pierre, einen Teil ihrer Zeit beanspruchte. Mit ihrer nichts beschönigenden Wahrheitsliebe kämpfte Irène auch für den sozialen Fortschritt, so als Unterstaatssekretär für Wissenschaft und Volksbildung in der französischen Volksfrontregierung (1936) und als führendes Mitglied der französischen Frauenunion. 1937 erhielt sie einen Lehrstuhl an der Sorbonne, untersuchte mit einem Mitarbeiter die Einwirkung von Neutronen auf Uran und leistete damit entscheidende Vorarbeiten für die Entdeckung der Kernspaltung.

FRÉDÉRIC JOLIO-CURIE, der seit 1935 als außerordentlicher Professor an der Pariser Universität Vorlesungen hielt, übernahm 1937 am Collège de France neue Aufgaben im Rahmen der kernphysikalischen Forschung. Unmittelbar nach der Entdeckung der Kernspaltung durch HAHN und STRASSMANN im Jahre 1939 wies FRÉDÉRIC JOLIO-CURIE zusammen mit seinen Mitarbeitern nach, daß die Kernspaltung mit der Aussendung mehrerer Neutronen verbunden ist. Diese Tatsache hatte große Bedeutung für die Einleitung einer sich selbst erhaltenden Kettenreaktion in einem Atomreaktor, die erstmals FERMI 1942 verwirklichte.

Als der zweite Weltkrieg begann, entschied sich der Atomforscher FRÉDÉRIC JOLIO-CURIE zusammen mit seiner Familie für den aktiven Kampf gegen den deutschen Faschismus. Die wissenschaftliche Arbeit konnte jetzt nur noch in beschränktem Umfang und unter den Bedingungen der Geheimhaltung fortgeführt werden, bis sie mit der deutschen Besetzung Frankreichs gänzlich unterbrochen

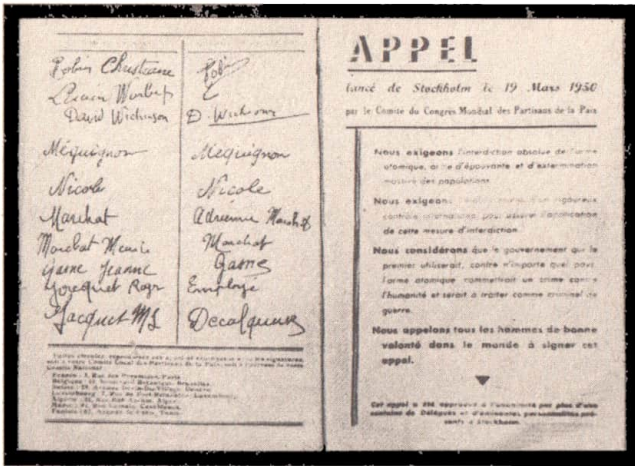


Zentral-
institut
für
Kernphysik
Orsay

werden mußte. Zuvor war es noch gelungen, einen Vorrat an schwerem Wasser von Norwegen nach Frankreich zu bringen, von wo aus er zusammen mit wichtigen wissenschaftlichen Dokumenten auf Initiative FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIES im Jahre 1940 nach England gelangte. In der Zeit des Widerstandes gewann JOLIOT-CURIE immer klarere Positionen im Kampf für die Befreiung Frankreichs und für den gesellschaftlichen Fortschritt. Auf Reisen in die Sowjetunion zu wissenschaftlichen Kongressen 1933 und 1936 hatte er „die Überzeugung gewonnen, daß die sowjetische Wissenschaft ihrem Land und der Welt gewaltige Perspektiven eröffnete“ und daß die sowjetische Gesellschaft die Zukunft der Menschheit bestimmt. So wurde er 1942 Mitglied der Kommunistischen Partei Frankreichs, schloß sich der Widerstandsbewegung an und sorgte dafür, daß sein Lehrer und Freund LANGEVIN nicht der Gestapo in die Hände fiel.

Nach dem Krieg leitete FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE, seit 1943 Mitglied der Französischen Akademie der Wissenschaften, den Bau des ersten französischen Atomreaktors „Zo“, der in kurzer Zeit fertiggestellt und 1948 in Betrieb genommen wurde. Er leistete damit einen wichtigen Beitrag für die friedliche Nutzung der Atomenergie. „Wenn die gewaltige Anstrengung, die für die Herstellung und den Einsatz der Atombombe für Zerstörungszwecke aufgewendet worden ist, auf friedliche Anwendungen der Atomkraft gelenkt worden wäre, dann wären wir alle schon in der Lage, ihre Vorteile zu genießen“, sagte er zur Eröffnung des ersten Weltfriedenskongresses im April 1949. [1; S. 114] Einen Höhepunkt erreichten seine Bemühungen mit dem von ihm verfaßten Stockholmer Appell gegen die Atombombe, der von mehr als 500 Millionen Menschen unterschrieben wurde.

Die gegen Krieg und auf die ausschließlich friedliche Nutzung der Kernenergie gerichteten Aktivitäten des weltbekannten französischen Gelehrten standen indes nicht im Einklang mit den Zielen einer Reihe führender französischer Politiker, die die Beteiligung Frankreichs am aggressiven Nordatlantikpakt betrieben hatten. Vor diesem Hintergrund wird erklärbar, weshalb FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE,



trotz einer Welle des Protests, im Jahre 1950 aus dem Amt des Hohen Kommissars für Atomenergie abberufen wurde, das er 1946 übernommen hatte. In all den Jahren war er Mitglied mehrerer ausländischer Akademien und wissenschaftlicher Gesellschaften, tätig in verschiedenen politischen Organisationen, zugleich Wissenschaftler und Politiker. Mit seiner Frau beteiligte er sich am Aufbau des Zentralinstituts für Kernphysik in Orsay bei Paris. 1951 erhielt das Ehepaar JOLIOT-CURIE den Lenin-Friedenspreis. Ein Jahr zuvor hatte man FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE zum Präsidenten des Weltfriedensrates gewählt. Als Irène am 17. März 1956 vor allem infolge des ständigen Umgangs mit Röntgenstrahlen während des zweiten Weltkrieges an Leukämie starb, übernahm ihr Mann zwei ihrer Aufgaben: den Lehrstuhl für Kernphysik und Radioaktivität und die Leitung des Radiuminstituts. Auf dem XIV. Parteitag der Kommunistischen Partei Frankreichs wurde er 1956 zum Mitglied des Zentralkomitees gewählt. Kurz bevor FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE am 14. August 1958 in Paris starb, hatte er noch den Abschluß des ersten Bauabschnittes am Zentralinstitut in Orsay mit der Montage eines Synchronzyklotrons erlebt und war erneut Präsident des Weltfriedensrates geworden.

Rückschauend können wir heute mit JOFFE feststellen: „Die Entdeckung der natürlichen Radioaktivität des Radiums und Poloniums durch PIERRE und MARIE CURIE, die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität durch IRÈNE und FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE und der Beweis für die Aussendung von mehr als zwei Neutronen beim Zerfall des Uranatoms durch FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE waren entscheidende Entdeckungen, auf denen die heutigen Erfolge der Kernphysik basieren.“ [2; S. 72]

Lebensdaten zu IRÈNE JOLIOT-CURIE

1897	geboren am 12. September in Paris
1914	Beginn des Physikstudiums an der Sorbonne
1918	Assistent am Radiuminstitut bei ihrer Mutter

1925	Promotion über die Eigenschaften der Alphastrahlung des Poloniums
1926	Eheschließung mit FRÉDÉRIC JOLIOT
1932	wissenschaftlicher Leiter des Radiuminstituts
1934	Entdeckung der künstlichen Radioaktivität zusammen mit FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE
1935	Nobelpreis für Chemie
1936	Mitarbeit in der französischen Volksfrontregierung
1937	Lehrstuhl an der Sorbonne
1946	Direktor des Radiuminstituts
1951	Verleihung des Lenin-Friedenspreises
1956	gestorben am 17. März in Paris

Lebensdaten zu FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE

1900	geboren am 19. März in Paris
1919	Studienbeginn an der Hochschule für industrielle Physik und Chemie
1925	Assistent am Radiuminstitut bei MARIE CURIE
1926	Eheschließung mit IRÈNE CURIE
1930	Promotion über Probleme der Elektrochemie des radioaktiven Poloniums
1934	Entdeckung der künstlichen Radioaktivität zusammen mit IRÈNE JOLIOT-CURIE
1935	Nobelpreis für Chemie, außerordentlicher Professor an der Sorbonne
1937	Beendigung der Tätigkeit am Radiuminstitut und Professur am Collège de France
1939	Nachweis über die Aussendung mehrerer Neutronen bei der Uranspaltung (Vorbedingung der Kettenreaktion)
1941	bis 1945 aktive Beteiligung an der Widerstandsbewegung im besetzten Frankreich
1942	Mitglied der Kommunistischen Partei Frankreichs
1943	Mitglied der Französischen Akademie der Wissenschaften
1946	Hoher Kommissar für Atomenergie
1950	Abberufung von der Funktion des Hohen Kommissars auf Grund seiner politischen Auffassung und Aktivitäten, Präsident des Weltfriedensrates
1951	Verleihung des Lenin-Friedenspreises
1956	Mitglied des Zentralkomitees der KPF
1958	gestorben am 14. August in Paris

Literaturverzeichnis zu IRÈNE JOLIOT-CURIE und FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE

- [1] Joliot-Curie, F.: Wissenschaft und Verantwortung – Ausgewählte Schriften. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1962.
- [2] Joffe, A. F.: Begegnungen mit Physikern. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1967.
- [3] Schreier, W.: Irène Joliot-Curie – Wissenschaftlerin und Friedenskämpferin. In: Physik in der Schule, Berlin, 10. (1972) 11, S. 476 bis 478.
- [4] Fuchs, G.: Irène Joliot-Curie – Frédéric Joliot-Curie. In: Biographien bedeutender Chemiker, hrsg. von Karl Heinig. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968, S. 237 bis 242.



LOUIS VICTOR DE BROGLIE

LOUIS VICTOR DE BROGLIE (geboren 1892)

In seiner Würdigung des Werks von DE BROGLIE betonte BORN, daß fast alle großen Entdeckungen in der Physik Spuren der Vereinfachung und Vereinheitlichung des physikalischen Weltbildes, des Prinzips der Synthese aufweisen.[1; S. 121] DE BROGLIE sprach, ausgehend von EINSTEINS Lichtquantentheorie, die Hypothese aus, daß alle materiellen Objekte zugleich über Wellen- und Korpuskeleigenschaften verfügen. Er hat damit dazu beigetragen, über den Rahmen der klassischen Physik mit ihrer prinzipiellen Trennung zwischen Wellen- und Teilchenbild hinauszugehen und wichtige Grundlagen für den Ausbau der modernen Quantenphysik zu legen.

Prinz LOUIS VICTOR DE BROGLIE wurde am 15. August 1892 in Dieppe geboren. Er entstammt einem alten französischen Adelsgeschlecht. Als Student befaßte er sich zunächst mit Geschichte, insbesondere mit Rechtsgeschichte und politischer Geschichte des Mittelalters. Gleichzeitig arbeitete er auf eine juristische Abschlußprüfung hin. Mit Begeisterung las er aber auch die Werke von POINCARÉ, insbesondere „Wissenschaft und Hypothese“ sowie „Der Wert der Wissenschaft“. [1; S. 179ff.]

Im Jahre 1911 begann DE BROGLIE mit dem Studium der Mathematik und der Physik, wozu er von seinem siebzehn Jahre älteren Bruder Maurice angeregt worden war. Maurice, der damals schon promovierter Physiker war, hatte sich nach dem Tode des Vaters im Jahre 1906 um die Erziehung und die Entwicklung des jüngeren Bruders gekümmert. Von seinem Bruder erhielt DE BROGLIE auch die Texte der Referate und Diskussionen des ersten Solvay-Kongresses, der im Oktober 1911 in Brüssel tagte und auf dem die damals aufgekommenen Fragen der Quantenphysik behandelt worden waren. Die Beschäftigung mit diesem Material und mit den daraus resultierenden philosophischen Fragestellungen gaben ihm entscheidende Impulse für sein gesamtes physikalisches Lebenswerk.



Teilnehmer
am
Solvay-Kongreß
1911.
Stehend
6. von links:
MAURICE
DE BROGLIE

Der erste Weltkrieg unterbrach DE BROGLIES Studium für mehrere Jahre. Während seines Militärdienstes mußte er sich mit Problemen der Elektrotechnik und des Nachrichtenwesens sowie mit der Ausbildung von elektrotechnischem Personal befassen. Die längste Zeit verbrachte er in der funktetelegraphischen Station des Eiffelturms. [1; S. 179 ff.]

Erst nach seiner Entlassung aus dem Heeresdienst im Jahre 1919 konnte DE BROGLIE seine Studien wieder aufnehmen. Er empfing dabei wichtige Anregungen von seinem Bruder, der in Paris ein Privatlaboratorium unterhielt, in dem vornehmlich über Röntgenspektroskopie und den Photoeffekt gearbeitet wurde. 1928 schrieben die Brüder DE BROGLIE gemeinsam ein Buch über die Röntgenphysik. [5]

1923 wurden COMPTONS Stoßversuche von Photonen der Röntgenstrahlen an quasifreien Elektronen bekannt. Damit war der Welle-Teilchen-Dualismus bei den elektromagnetischen Felderscheinungen erstmals sehr eindringlich demonstriert worden. In Analogie zu dieser Erkenntnis vermutete DE BROGLIE, daß auch für die stoffliche Struktur der duale Charakter gilt.

Ende 1923 erschienen erste Abhandlungen DE BROGLIES zur Wellenmechanik. Am 25. November 1924 hat er an der Pariser Sorbonne seine berühmt gewordene Doktordissertation verteidigt. Zur Prüfungskommission gehörten u. a. PERRIN und LANGEVIN. Der Text der Arbeit wurde wenig später unter dem Titel „Untersuchungen zur Quantentheorie“ [6; S. 85 bis 108] veröffentlicht.

Hier entwickelte DE BROGLIE die These, daß man jedem beweglichen Teilchen eine Welle (Phasenwelle) mit der Wellenlänge $\lambda = \frac{h}{p}$ zuordnen kann. Er verwendete diesen Gedanken, um gewisse Analogien zwischen mechanischen und optischen Vorgängen herzustellen. Insbesondere verglich er die Variationsprinzipien der Mechanik und der Optik.

Am Ende seiner Arbeit leitete DE BROGLIE aus seinem Ansatz die Identität einer



Beugungstreifen von Elektronen an einem
2 mm dicken vergoldeten Draht

der BOHRschen Stabilitätsbedingungen mit einer Resonanzbedingung für eine Elektronenwelle her. Damit konnte er einen wichtigen Hinweis für die Verwendungsfähigkeit seiner Thesen zur Behandlung der offenen Probleme des BOHR-SOMMERFELDSchen Atommodells geben (↗ BOHR).

DE BROGLIES Gedanken von der durchgehenden Dualität von Teilchen und Welle trafen schnell auf das Interesse der Physiker. LANGEVIN hatte EINSTEIN auf die originellen Gedanken hingewiesen. Dieser hatte sie sofort BORN mitgeteilt. Auch PLANCK hob später hervor, wie ungewöhnlich er DE BROGLIES neue Gedanken zunächst empfand: „Die Kühnheit dieser Idee war so groß – ich muß aufrichtig sagen, daß ich selber auch damals den Kopf schüttelte dazu, und ich erinnere mich sehr gut, daß Herr LORENTZ mir damals sagte im vertraulichen Privatgespräch: ‚Diese jungen Leute nehmen es doch gar zu leicht, alte physikalische Begriffe beiseite zu setzen!‘ Es war damals die Rede von BROGLIE-Wellen, von der HEISENBERG-schen Unsicherheits-Relation – das schien damals uns Älteren etwas sehr schwer Verständliches“.[8; S. 379]

Diese Skepsis gegenüber den Thesen von DE BROGLIE rührte unter anderem auch daher, daß sie experimentell zunächst nicht abgesichert waren. Schon 1925 beschäftigte sich ELSASSER, ein Schüler BORNs, mit DE BROGLIES Hypothese. Erst die Versuche zur Elektronenbeugung von DAVISSON und GERMER im Frühjahr 1927 und von G. P. THOMSON 1928 erbrachten den exakten experimentellen Nachweis, daß Elektronen auch eine Wellennatur zeigen können. Durch diese Experimente und SCHRÖDINGERS Wellenmechanik wurden DE BROGLIES kühne Vorstellungen von den Materiewellen so überzeugend bestätigt, daß ihm im Jahre 1929 dafür der Nobelpreis für Physik verliehen wurde.

ERWIN SCHRÖDINGER wurde am 12. August 1887 als Sohn eines Gewerbetreibenden in Wien geboren. Ab 1906 studierte er an der Universität Wien Mathematik und Physik. Großen Einfluß auf seine Entwicklung hatten der Experimentalphysi-



ker EXNER und der theoretische Physiker HASENÖHRL, der damals in Wien gerade die Nachfolge BOLTZMANNs angetreten hatte. Nach der Promotion im Jahre 1910 war SCHRÖDINGER als Assistent EXNERS Leiter des Physikalischen Praktikums. Der erste Weltkrieg unterbrach seine wissenschaftliche Arbeit für mehrere Jahre.

Nach dem Ende des Krieges ging er zunächst an das Wiener Institut zurück. Nach je einsemestriger Tätigkeit in Jena, Stuttgart und Breslau folgte SCHRÖDINGER im Jahre 1921 einem Ruf an die Universität Zürich, wo er als Professor für Theoretische Physik Nachfolger von EINSTEIN und LAUE war.

Die sechs Jahre in Zürich waren die fruchtbarste Zeit in SCHRÖDINGERS wissenschaftlicher Entwicklung. Seine vielfältigen physikalischen Interessen führten ihn zu Problemen der statistischen Wärmetheorie, der Relativitätstheorie, der älteren Quantentheorie bis hin zur Metrik des Farbraumes. Zunehmend kamen jedoch die grundsätzlichen Fragen der um 1925 aktuellen Quantentheorie in den Bereich seiner Aufmerksamkeit.

Um die Mitte der zwanziger Jahre waren die Möglichkeiten der „halbklassischen“ Quantenmechanik, wie sie sich im BOHR-SOMMERFELDSchen Atommodell repräsentierten, erschöpft. Gegenüber der Matrizenmechanik (→ HEISENBERG) beschritt SCHRÖDINGER einen anderen Weg, diese Stagnation zu überwinden. Er versuchte, die Quantenbedingungen mit den Begriffen und Methoden der klassischen Physik zu beschreiben. So begründete er in mehreren im Jahre 1926 unter dem Titel „Quantisierung als Eigenwertproblem“ [6] erschienenen Arbeiten die Wellenmechanik. Anknüpfend an Gedanken von HAMILTON, F. KLEIN und DE BROGLIE zur formalen Analogie von Mechanik und geometrischer Optik, äußerte er die Vermutung, daß dem Zusammenhang von geometrischer Optik und Wellenoptik in der Mechanik ein Zusammenhang zwischen der bekannten klassischen Mechanik und einer noch zu entwickelnden Wellenmechanik entsprechen müsse. Für deren Aufbau konnte er an die DE BROGLIESche Idee der Materiewellen anknüpfen, auf die ihn EINSTEIN aufmerksam gemacht hatte.

Sept. 1892

[illegible][illegible]

dienenden „Wellenpakete“ im freien Raum zerfließen müssen. Lediglich für den harmonischen Oszillator konnte SCHRÖDINGER eine korpuskulare Deutung von Wellenpaketen vornehmen.[15]

BORN (↗ BORN) zeigte 1926, daß man aus der Wellenfunktion nur die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines bestimmten Ereignisses (z. B. das Aussenden eines Lichtquants) berechnen kann. Diese Wende von der deterministischen zur statistischen Interpretation der Quantentheorie war für SCHRÖDINGER sehr enttäuschend. Er hielt den Weg für eine arge Mißdeutung seiner Theorie und äußerte immer wieder seine unüberwindliche Abneigung gegen die „Quantensprünge“. In einer seiner Auseinandersetzungen mit BOHR äußerte SCHRÖDINGER einmal: „Wenn es doch bei dieser verdammten Quantenspringerei bleiben soll, dann bedaure ich, mich überhaupt mit Atomphysik beschäftigt zu haben.“ [8; S. 393]

Im Jahre 1927 nahm SCHRÖDINGER den ehrenvollen Ruf an, als Nachfolger PLANCKS an der Universität Berlin zu wirken. Als Gegner der faschistischen Gewalt Herrschaft verließ er Deutschland im Jahre 1933 und ging nach Oxford, von wo er Ende des Jahres nach Stockholm reiste, um – gemeinsam mit DIRAC – „in Anerkennung der Entdeckung neuer fruchtbarer Formulierungen der Atomtheorie“ den Nobelpreis für Physik in Empfang zu nehmen. Seit Herbst 1936 lehrte er an der Universität Graz.

Nach dem gewaltsamen Anschluß Österreichs an Hitlerdeutschland im Jahre 1938 wurde SCHRÖDINGER fristlos aus seinem Lehramt entlassen und flüchtete, „nur mit einem Handkoffer“, über mehrere Zwischenstationen nach Irland. Hier konnte er sich am Institute for Advanced Studies in Dublin siebzehn Jahre lang ungestört seinen physikalischen Forschungen widmen. So beschäftigte er sich mit dem Ausbau der Wellenmechanik, mit Problemen der Kosmologie und – wie EINSTEIN – mit Entwürfen zur Entwicklung einer einheitlichen Feldtheorie. Erst im Jahre 1956 kehrte SCHRÖDINGER nach Österreich zurück, wo er noch zwei Jahre als Ehrenprofessor an der Universität Wien wirkte. Danach lebte er sehr zurückgezogen in Alpbach, in seinen geliebten Tiroler Bergen. Am 4. Januar 1961 verstarb er.

In seinen für die Physik relevanten philosophischen Überlegungen war SCHRÖDINGER überwiegend materialistisch orientiert. Er hielt jedoch an den in der klassischen Physik geprägten Traditionen physikalischen Denkens fest. [17; S. 85]

Neben seinen grundlegenden physikalischen Arbeiten hat SCHRÖDINGER eine Reihe von Studien zu den Grundlagen der Physik und zu ihrer Bedeutung für Weltanschauung und Philosophie vorgelegt. So befaßte er sich mit dem Einfluß der antiken Naturphilosophie auf unser heutiges Denken [18], mit dem Zusammenhang von kausalen und statistischen Gesetzmäßigkeiten [19], mit dem Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion [20] bis hin zu sprachlichen Problemen. Er trat sogar als Lyriker an die Öffentlichkeit.[21]

Auch DE BROGLIE hat neben seinen Arbeiten auf verschiedenen physikalischen Gebieten eine Vielzahl von problemgeschichtlichen und philosophischen Aufsätzen veröffentlicht.[2; 3; 4] Diese machen deutlich, daß seine Beschäftigung mit physikalischen Grundlagenproblemen häufig historisch begründet war. So ist sein

Gedanke der Materiewelle letztlich aus dem intensiven Studium der Geschichte der Lichttheorie hervorgegangen. Die in einer anspruchsvollen und zugleich anschaulichen Sprache gehaltenen Aufsätze sind zum größten Teil am Institut HENRI POINCARÉ entstanden, das 1929 aus Stiftungsmitteln in Paris eingerichtet wurde und in dem DE BROGLIE seitdem ununterbrochen als Professor für Theoretische Physik arbeitete. Er hat das Institut zu einem der bedeutendsten Forschungszentren der Theoretischen Physik und anderer verwandter Gebiete gemacht. [2; S. 193 ff.]

DE BROGLIE hatte nach den regen Diskussionen auf dem fünften Solvay-Kongreß 1927 seinen Versuch, die Wellenmechanik deterministisch zu erklären, aufgegeben und sich den Anschauungen BOHRS und HEISENBERGS genähert. Er hielt seitdem an der Wahrscheinlichkeitsdeutung der Wellenmechanik fest. Seit 1951 kam er im Zusammenhang mit Arbeiten von BOHM und VIGIER seinem ursprünglichen Versuch einer „kausalen und konkreten Interpretation der Wellenmechanik“ wieder näher. [1; S. 209 ff.]

Neben seiner Lehr- und Vortragstätigkeit am Institut HENRI POINCARÉ hat sich DE BROGLIE auch stets mit aktuellen physikalischen Problemen befaßt. So berichtete er, daß er in den Jahren des Krieges zwischen Frankreich und Hitlerdeutschland mit der dokumentarischen Sammlung der in den USA veröffentlichten Arbeiten über Zentimeterwellen, Richtstrahler, Hohlspiegel usw. beauftragt war. Zu seinem 1941 dazu erschienenen Buch schrieb DE BROGLIE: „Mein Buch hat, glaube ich, den französischen Hochfrequenztechnikern, die damals über die neuen Fragen bezüglich der Anwendung von Höchstfrequenzen schlecht unterrichtet waren und sich während der Besatzungszeit nur schwer auf diesem Gebiet fortbilden konnten, gewisse Dienste geleistet.“ [1; S. 232]

In diesen Worten kommt der Stolz eines Naturwissenschaftlers zum Ausdruck, seinem Vaterland in schweren Jahren gedient zu haben. Dieser Patriotismus DE BROGLIES bestimmt auch die Gedenkvorlesung für den großen französischen Gelehrten AMPÈRE, die er im September 1940, kurz nach der faschistischen Okkupation, an der Sorbonne gehalten hat. Die letzten Worte lauteten: „Und gerade darum ist ein großer Mann wie Ampère der Nachwelt ein leuchtendes Beispiel. – In den gegenwärtigen Zeitläufen, in denen alles die Franzosen zur Sammlung aufruft, ist es heilsam für sie, über solche Beispiele nachzusinnen. Wenn wir unsere Gedanken auf sie hinlenken, sehen wir plötzlich alle die großen Gestalten der glorreichen Vergangenheit Frankreichs vor uns auftauchen, als wollten sie uns zur Hoffnung auf einen neuen Frühling und zur Arbeit aufrufen.“ [3; S. 269]

Lebensdaten zu LOUIS VICTOR DE BROGLIE

1892	am 15. August in Dieppe/Frankreich geboren
1911	Beginn des Studiums von Mathematik und Physik
1914	Unterbrechung des Studiums durch den Beginn des Militärdienstes
1919	Entlassung aus dem Militärdienst. Fortsetzung des Studiums Arbeit im Privatlaboratorium seines Bruders

1923	Erste Abhandlungen zur Wellenmechanik
1924	Promotion an der Pariser Sorbonne mit den „Untersuchungen zur Quantentheorie“
1926	Aufbau der Wellenmechanik durch SCHRÖDINGER
1927	Versuche zur Elektronenbeugung durch DAVISSON und GERMER bestätigen die These von den Materiewellen. DE BROGLIE nähert sich der Wahrscheinlichkeitsinterpretation der Wellenmechanik
1929	DE BROGLIE erhält den Nobelpreis für Physik. Professor für Theoretische Physik am Institut Henri Poincaré in Paris
1951	DE BROGLIE kommt seinem ursprünglichen Versuch einer kausalen Interpretation der Wellenmechanik wieder näher

Literaturverzeichnis zu LOUIS VICTOR DE BROGLIE

- [1] Louis de Broglie und die Physiker. Claassen Verlag, Hamburg 1955.
- [2] De Broglie, L.: Licht und Materie. Ergebnisse der neuen Physik. H. Goverts Verlag, Hamburg 1939.
- [3] De Broglie, L.: Die Elementarteilchen. Individualität und Wechselwirkung. H. Goverts Verlag, Hamburg 1943.
- [4] De Broglie, L.: Physik und Mikrophysik. H. Goverts Verlag, Hamburg 1950.
- [5] De Broglie, M. und L. de Broglie: Einführung in die Physik der Röntgen- und Gamma-Strahlen. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1930.
- [6] Ludwig, G.: Wellenmechanik. Einführung und Originaltexte. Akademie-Verlag, Berlin 1969.
- [7] Joffe, A. F.: Begegnungen mit Physikern. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1967.
- [8] Herneck, F.: Bahnbrecher des Atomzeitalters. Große Naturforscher von Maxwell bis Heisenberg. Buchverlag Der Morgen, Berlin 1965.
- [9] De Broglie, L.: Einführung in die Wellenmechanik. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1929.
- [10] Gerber, J.: Geschichte der Wellenmechanik. In: „Archive for History of Exact Sciences“ 5 (1969), S. 349 bis 416.
- [11] Physiker über Physiker. Wahlvorschläge zur Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie 1870 bis 1929 von Hermann v. Helmholtz bis Erwin Schrödinger. Akademie-Verlag, Berlin 1975.
- [12] Physiker über Physiker II. Antrittsreden, Erwiderungen bei der Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie, Gedächtnisreden 1870 bis 1929. Akademie-Verlag, Berlin 1979.
- [13] Hermann, A.: Erwin Schrödinger – Eine Biographie. In: Die Wellenmechanik. Dokumente der Naturwissenschaft, Abteilung Physik, Band 3. Ernst Battenberg Verlag, Stuttgart 1963, S. 173 bis 192.
- [14] Przibram, K. (Herausgeber): Briefe zur Wellenmechanik. Springer-Verlag, Wien 1963.
- [15] Paul, H.: Die Schrödingersche Begründung der Quantenmechanik. In: „Wissenschaft und Fortschritt“ Berlin 22 (1972), 8, S. 344 bis 347.
- [16] Hoffmann, D.: Erwin Schrödinger. Aus Anlaß seines 90. Geburtstages. In: „Physik in der Schule“ Berlin 15 (1977) 11, S. 456 bis 461.
- [17] Röseberg, U.: Quantenmechanik und Philosophie. Akademie-Verlag, Berlin 1968.

- [18] Schrödinger, E.: Die Natur und die Griechen. Paul Zsolnay Verlag, Hamburg/Wien 1955.
- [19] Schrödinger, E.: Was ist ein Naturgesetz? Beiträge zum naturwissenschaftlichen Weltbild. R. Oldenbourg, München/Wien 1962.
- [20] Schrödinger, E.: Geist und Materie. Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1959.
- [21] Schrödinger, E.: Gedichte. Verlag Helmut Küpper, vormals Georg Bondi, Bad Godesberg 1949.

WERNER HEISENBERG (1901 bis 1976)

WERNER HEISENBERG gehört zu den bedeutendsten theoretischen Physikern dieses Jahrhunderts. Er zählt zu den Begründern der Quantenmechanik, entwickelte die grundlegende Theorie von der Struktur der Atomkerne, befaßte sich mit den Eigenschaften der Elementarteilchen und versuchte sie mit einer einheitlichen Formel zu beschreiben, und schließlich äußerte er sich vielfach zu den mit dieser Komplexität zusammenhängenden philosophischen Fragen: Physik war ihm ein Weg zur Welterkenntnis.

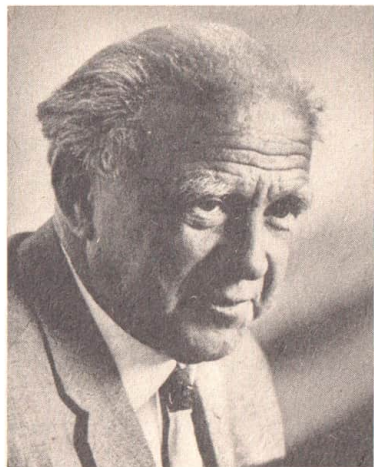
WERNER KARL HEISENBERG wurde am 5. Dezember 1901 in Würzburg als Sohn eines Gymnasiallehrers und späteren Professors für mittel- und neugriechische Philologie geboren. Bis 1920 besuchte er das humanistische Maximilian-Gymnasium in München, das er mit sehr guten Noten abschloß. Ihm wurden immer wieder „spontaner Fleiß, großes Interesse, das der Sache auf den Grund geht, und Ehrgeiz“ bescheinigt. Eine enge Verbindung zum humanistischen Geisteserbe bestimmte Zeit seines Lebens sein Denken, und seine Hinwendung zur Naturwissenschaft empfand er als Fortsetzung des antiken griechischen Denkens.

HEISENBERG nahm 1920 an der Münchener Universität das Studium der mathematischen Physik bei SOMMERFELD auf, dem genialen akademischen Lehrer und Forscher.

HEISENBERG wurde durch ihn bereits im ersten Semester mit Problemen der aktuellen Forschung konfrontiert, die er selbständig zu bearbeiten hatte. So berechnete HEISENBERG aus experimentellen Werten des anomalen Zeeman-Effektes das Termschema und kam dabei auf den SOMMERFELD zunächst „schockierenden“ Gedanken der Einführung halber Quantenzahlen.

„Vom ersten Tag des Studiums an wurde Heisenberg mit dem Geist der langsam entstehenden Quantentheorie vertraut. Für die ältere Generation von Physikern ... erwies sich die Verwurzelung in der klassischen Physik als das stärkste Hemmnis. Heisenberg blieben viele der Skrupel erspart, mit denen sich Lorentz und Planck quälten. Was diesen noch als ungeheuerlich erscheinen mochte, war für Heisenberg von Anfang an selbstverständlich. So schuf er sich das Rüstzeug für die Vollendung der Quantentheorie, die Planck mit seinem Ansatz von 1900 begründet hatte“. [9; S. 15f.]

HEISENBERG betrieb sein Studium auf diese Weise etwas einseitig und unsystematisch; daß dies auch Nachteile mit sich brachte, wußte wohl keiner besser als



SOMMERFELD selbst. Und daß er im Sommer 1923 sein Rigorosum im Hauptfach Physik nur mit der „Note III“ bestand, resultierte – im Gegensatz zu der hervorragend bewerteten Dissertation (über die Turbulenz von Strömungen) durch seinen Doktorvater SOMMERFELD – aus der völlig danebengegangenen Prüfung in Experimentalphysik bei WILHELM WIEN. Aber SOMMERFELD hatte das „einmalige Genie“ seines Schülers erkannt – ähnlich wie zuvor bei HEISENBERGS Freund PAULI –, und so hatte er ihn auch mit nach Göttingen genommen zu den „Bohr-Festspielen“, jener berühmten Vorlesungsreihe von BOHR im Juni 1922 über Fragen des Atombaus. Die Begegnung mit BOHR und die anregende Diskussion hinterließen einen tiefen Eindruck auf HEISENBERG.

Schon vor Studienabschluß war HEISENBERG durch einige Veröffentlichungen bekannt geworden. Im Wintersemester 1922/23 hatte er in Göttingen bei BORN, HILBERT und FRANCK studiert, und BORN hatte sich dafür eingesetzt, ihn nach Studienabschluß als Assistent zu gewinnen. „Heisenberg ist mindestens ebenso begabt wie Pauli“, hatte BORN gegenüber EINSTEIN anerkennend geäußert, wobei er ihn „persönlich netter und erfreulicher“ fand.

MAX BORN, geboren am 11. Dezember 1882, stammte aus einer Breslauer Medizinerfamilie und hatte in Breslau (heute: Wrocław), Heidelberg, Zürich und Göttingen Mathematik, Physik und Astronomie studiert. Mit seinen Arbeiten zu einer einheitlichen Kristallphysik auf atomistischer Grundlage (1915: „Dynamik der Kristallgitter“, 1923: „Atomtheorie des festen Zustandes“) legte er einen wesentlichen Grundstein der modernen Festkörperphysik. Seine Berufung 1921 nach Göttingen auf den Lehrstuhl für Theoretische Physik des 2. Physikalischen Instituts machte diese bedeutende Universität auch zu einem Zentrum der Quantenphysik. 1933 mußte er infolge der faschistischen Machtübernahme nach Cambridge (später nach Edinburgh) in England emigrieren; nach seiner Emeritierung kehrte er 1953 nach Deutschland zurück. 1954 erhielt er (etwas „verspätet“) insbesondere für seine In-



MAX BORN

terpretation der Wellenfunktion (vgl. [3]) den Physik-Nobelpreis. Für die friedliche Nutzung der Atomenergie einzutreten, hatte er sich nun als neue wichtige Lebensaufgabe gestellt.

So gehörte er u. a. zu den „Göttinger Achtzehn“, die 1957 den Aufruf gegen die westdeutsche Atombewaffnung herausgaben, oder trat auf Kundgebungen des Ausschusses „Kampf dem Atomtod“ auf.

Eines der wichtigsten Probleme der damaligen Physik war der Übergang von den klassischen kontinuierlichen Vorstellungen zur „Diskretisierung der Atomphysik“, wobei unter Zugrundelegung des Bohrschen Korrespondenzprinzips die richtigen mathematischen Beziehungen gefunden werden mußten. Bereits 1924 hatte sich HEISENBERG bei BORN mit einer quantentheoretischen Arbeit über den anomalen Zeeman-Effekt habilitiert. Danach arbeitete er im Winter 1924/25 einige Wochen an BOHRs Institut in Kopenhagen, wobei er neben BOHR vor allem auch mit KRAMERS Freundschaft schloß. Über seine Lehrer sagte HEISENBERG später: „Bei Sommerfeld hab’ ich den Optimismus gelernt, bei den Göttingern die Mathematik, bei Bohr die Physik.“ (zit. nach [9; S. 28])

Ein Erholungsurlaub auf Helgoland erlaubte HEISENBERG, sich intensiv mit den Problemen des Atombaus und ihrer mathematischen Formulierung zu befassen. Das Wasserstoffatom als einfachstes Atom schien für die Überlegungen geeignet; die Linien des Wasserstoffspektrums waren gut bekannt. Unbewußt verwendete HEISENBERG bei seinen Berechnungen die ihm unbekannte Matrizenrechnung, um die inneratomaren Vorgänge beschreiben zu können. Er rechnete unermüdlich, bis es „funktionierte“. PAULI war von den Ergebnissen begeistert, und BORN regte ihre sofortige Veröffentlichung an. HEISENBERG verfaßte seine entscheidende Arbeit „Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen“, in der sich die geniale Verbindung von philosophisch-methodologischen und physikalischen Erwägungen in seinem Denken offenbart – ein Aspekt, der

auch in seinen weiteren Arbeiten eine wichtige Rolle spielte. Ende 1925 schrieb er dann gemeinsam mit BORN und JORDAN die berühmte sogenannte „Dreimännerarbeit“ „Zur Quantenmechanik“, womit die entscheidenden Schritte zur Begründung der Matrizenmechanik, d. h. der mathematischen Ausgestaltung der physikalischen Grundgedanken HEISENBERGS, durchgeführt waren.

Im Frühjahr 1926 ging HEISENBERG erneut nach Kopenhagen an das „Universitets Institut for Teoretisk Fisik“, jetzt als Dozent. In Zusammenarbeit mit BOHR ging es nun insbesondere um die physikalische Ausdeutung der mathematischen Grundlagen der Quantenmechanik. Inzwischen hatte SCHRÖDINGER seine Wellenmechanik veröffentlicht und BOHRS „Kopenhagener Schule“ fühlte sich herausgefordert. BOHR versuchte, Teilchen- und Wellenbild als gleichberechtigt nebeneinanderstehend zu betrachten, während HEISENBERG – von den gleichen Grundvorstellungen ausgehend – die richtige Interpretation konsequent durch logisches Schließen aus den bisher vorliegenden quantentheoretischen Vorstellungen zu gewinnen trachtete.

Im Frühjahr 1927 ordneten sich die Gedanken bei BOHR zum „Komplementaritätsprinzip“ und bei HEISENBERG zur „Unschärferelation“, den zwei grundlegenden Bausteinen der „Kopenhagener Deutung“ der Quantenmechanik.

Zum 1. Oktober 1927 wurde HEISENBERG als ordentlicher Professor für theoretische Physik an die Universität Leipzig berufen. Gleichzeitig wurde DEBYE dort Direktor des Physikalischen Instituts.[14] Damit wurde in Leipzig ein starkes physikalisches Zentrum geschaffen, das große Anziehungskraft auf junge Physiker ausübte. Zu HEISENBERGS bedeutenden Schülern jener Zeit gehörten u. a. BLOCH, PEIERLS, TELLER, v. WEIZSÄCKER. Seine Forschungen widmete HEISENBERG nun insbesondere der Struktur des Atomkerns. 1929 unternahm er längere Vortragsreisen durch die USA, Japan und Indien. Viele internationale Ehrungen folgten, darunter der 1933 verliehene Physik-Nobelpreis für 1932 in Würdigung seiner Arbeiten zur Begründung der Quantenmechanik.

Mit der faschistischen Machtergreifung setzte auch der Niedergang der theoretischen Physik in Deutschland ein. Viele hervorragende Gelehrte waren gezwungen zu emigrieren – HEISENBERG blieb. Sicher war sein Entschluß nicht von Loyalität gegenüber dem braunen Regime bestimmt; sicher aber erfordert seine Haltung in diesen Jahren eine differenziertere Analyse, als sie hier möglich ist, insbesondere was seine Arbeiten bezüglich der Nutzbarmachung der Atomenergie nach 1939 betrifft. Zu konstatieren ist jedoch, daß es ihm mit zu verdanken ist, daß die theoretische Physik in Deutschland nicht völlig auf „Provinz-Niveau“ absank. In seinen Vorlesungen lehrte er weiterhin die Einsteinsche Relativitätstheorie und mußte sich deshalb Beschimpfungen wie „weißer Jude“ gefallen lassen; SOMMERFELDS Nachfolge auf dem Münchener Lehrstuhl wurde ihm aus diesem Grunde 1937 verweigert.

In den dreißiger Jahren hatte sich HEISENBERG Fragen der Kopplung des elektromagnetischen Feldes an Elektronen und Positronen sowie Problemen der kosmischen Strahlung – von denen man sich einen Fortschritt in der Physik der Elementarteilchen erhoffte – zugewandt.

Von Jugend an war HEISENBERG ein begeisterter Wanderer und ein Musikliebhaber, der selbst glänzend Klavier spielte. An einem Hausmusikabend bei einer befreundeten Leipziger Familie lernte er auch seine künftige Frau Elisabeth kennen, Tochter eines Berliner Nationalökonomens, die er Ende April 1937 heiratete. Gemeinsam hatten sie sieben Kinder.

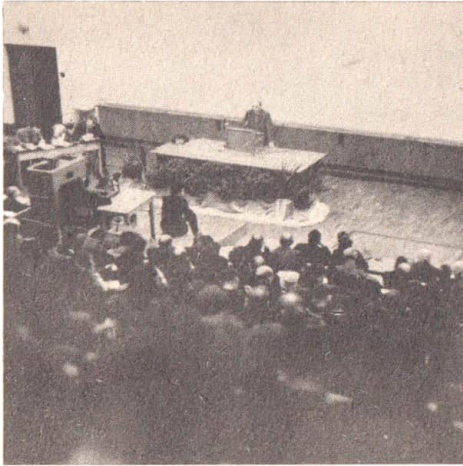
Mit Beginn des zweiten Weltkrieges wurden HEISENBERGS Fachkenntnisse auch vom faschistischen Staat benötigt. HAHN und STRASSMANN hatten im Januar 1939 ihre Entdeckungen der Atomkernspaltung veröffentlicht, und die Physiker in aller Welt hatten sofort die Probleme und Möglichkeiten der enormen Energiefreisetzung erkannt. Dem Berliner Heereswaffenamt waren von einigen Physikern die kriegstechnischen Möglichkeiten ebenfalls deutlich gemacht worden, und es wurde von hier aus das „Uran-Projekt“ geschaffen. HEISENBERG wurde einbezogen, legte Anfang 1940 eine Theorie des Kernreaktors vor und befaßte sich mit einer Reihe von Fragen bezüglich der Anordnung von Brennstoff und Moderator. Bis Kriegsende bestimmte er nun die deutschen Entwicklungen auf diesem Gebiet. 1942 wurde er zum Direktor am Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin-Dahlem berufen und zugleich zum Professor an der Berliner Universität. Da der Zeitpunkt einer kriegstechnisch anwendungsbereiten Realisierung der Kernenergie Ende 1941 jedoch noch nicht absehbar war, wurden die Forschungen ab 1942 vom Heereswaffenamt nicht mehr weiter unterstützt und nur noch im relativ kleinen Rahmen weitergeführt – zum Glück für die Menschheit, weil dadurch eine gefährliche Waffe nicht in die Hände des Hitlerfaschismus gelangte.

Die kleine Gruppe deutscher Kernforscher arbeitete aber weiter. Die Kriegsergebnisse bewirkten, daß das Institut in den letzten Kriegsmonaten verlagert werden mußte; in einem Felsenkeller bei Haigerloch in Süddeutschland wurde noch Anfang 1945 ein Reaktor aufgebaut und versucht, ihn in Gang zu bringen. Der Reaktor wurde jedoch nicht kritisch – er war etwas zu klein geraten.

Nach kurzer englischer Gefangenschaft kehrte HEISENBERG 1946 nach Deutschland, in die Britische Besatzungszone zurück. Unter seiner Leitung entwickelte sich das Göttinger physikalische Institut in Nachfolge des alten Kaiser-Wilhelm-Instituts zum Max-Planck-Institut für Physik. Seit etwa 1952 wurde in der BRD wieder Atomforschung betrieben, und HEISENBERG war an ihrer Organisation grundlegend beteiligt.

Die nächste große Etappe in HEISENBERGS Forschungsarbeit begann mit der Übersiedlung des Max-Planck-Instituts 1956 nach München, wengleich er sich mit dieser Problematik schon seit den dreißiger Jahren befaßt hatte: Er wandte sich erneut und verstärkt der Elementarteilchentheorie zu und bemühte sich insbesondere um eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen. Seine sogenannte „Weltformel“ legte er 1958 anläßlich der Feiern zum 100. Geburtstag von MAX PLANCK der Öffentlichkeit vor und erregte damit heftige physikalische und philosophische Diskussionen.

Ausgangspunkt von HEISENBERGS Überlegungen zu seiner alle Elementarteilcheneigenschaften beschreibenden Fundamentalgleichung ist die an die platonische Philosophie anknüpfende Vorstellung, daß nicht irgendwelche „fundamental-



HEISENBERG
bei einem Vortrag auf der Tagung
der Physikalischen Gesellschaft
in Leipzig 1958

sten Teilchen“ den „Ausgangspunkt“ bilden, sondern die Symmetrie-Eigenschaften der Materie – im Gegensatz etwa zur Quark-Hypothese von MURRAY GELL-MANN.

Der Eindruck der Atombombengefahr hat auch HEISENBERG deutlich gemacht, daß sich der Physiker nicht seiner Verantwortung gegenüber der Menschheit verschließen kann. Das belegen u. a. seine Unterschriften unter der Mainauer Erklärung 1955 und dem Göttinger Appell 1957 – wenngleich andererseits seine mehr oder weniger loyale Zusammenarbeit mit dem westdeutschen Bundeskanzler ADENAUER in Fragen der Atomenergie zeigt, daß er noch zuwenig die politischen Konsequenzen durchdachte. In „Physik und Philosophie“ allerdings formulierte er: „Der politische Einfluß der Wissenschaft ist sehr viel stärker geworden, als er vor dem zweiten Weltkrieg war, und dieser Umstand hat insbesondere dem Atomphysiker eine doppelte Verantwortung aufgeladen.“ [5; S. 186]

HEISENBERG war mehrfacher Ehrendoktor und Mitglied zahlreicher Akademien, darunter der Akademie der Wissenschaften der DDR. Von 1949 bis 1951 war er Präsident des (West-)Deutschen Forschungsrates und wurde 1953 Präsident der Alexander-von-Humboldt-Stiftung.

Mit seiner Matrizenmechanik hat HEISENBERG mitgeholfen, eine physikalische Entwicklungsetappe zum Abschluß zu bringen, die eine wesentlich neue Auffassung von Physik bedingte und mit dem Verstehen der atomaren Zusammenhänge eine neue produktive Phase der Physik und ihrer technischen Nutzung einleitete; mit seiner „Weltformel“ suchte er einen Weg, der Einheit der Physik eine neue Qualität zu geben. Dabei versuchte er zugleich, diesen neuen Qualitäten eine weltanschauliche, philosophische Interpretation zu geben, die auf ein tieferes Verständnis der Natur durch den Menschen zielte – ausgehend von platonistischen Auffassungen war seine Betrachtungsweise dabei vorwiegend objektiv-idealistisch geprägt.

WERNER HEISENBERG starb am 1. Februar 1976 in seinem Haus in München.

Lebensdaten zu WERNER HEISENBERG

1901	am 5. Dezember in Würzburg geboren
1920	Reifeprüfung und Studienbeginn in München
1922	erstes Zusammentreffen mit N. BOHR in Göttingen
1923	Promotion in München, Assistent bei BORN in Göttingen
1924/25	Aufenthalt in Kopenhagen bei BOHR – Matrizenmechanik
1927	ord. Professor für theoretische Physik in Leipzig
1933	Nobelpreis Physik für 1932
1942	Direktor am KWI für Physik in Berlin, Professor an der Berliner Universität
1945	Versuch der Ingangsetzung eines Kernreaktors in Haigerloch bei Hechingen
1945/46	Gefangenschaft in England
1946	Direktor des KWI-Instituts (später Max-Planck-Institut) für Physik in Göttingen
1949 bis 1951	Präsident des „(West-)Deutschen Forschungsrates“
1956	Mitarbeit in der (West-)Deutschen Atom-Kommission
1958	Vortrag über die „Einheitliche Feldtheorie“ („Weltformel“)
1960	Einweihung des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik in München
1976	am 1. Februar in München gestorben

Literaturverzeichnis zu WERNER HEISENBERG

- [1] Akademische Gedenkfeier – Werner Heisenberg. Max-Planck-Gesellschaft Berichte und Mitteilungen; München 1976.
- [2] Bloch, F.: Heisenberg and the early days of quantum mechanics. *Physics today*. 29 (1976) 12, S. 23 bis 27.
- [3] Born, M.: Zur statistischen Deutung der Quantentheorie. Dokumente der Naturwissenschaft, Abteilung Physik, Band 1, Redaktion Armin Hermann (Biographie und Texte); Ernst Battenberg Verlag, Stuttgart 1962.
- [4] Born, M.: Rasmyschlenija i wospominanija fizika; sbornik statej. Isdatelstwo Nauka, Moskwa 1977.
- [5] Heisenberg, W.: Physik und Philosophie. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1959.
- [6] Heisenberg, W.: Der Teil und das Ganze – Gespräche im Umkreis der Atomphysik. R. Piper & Co Verlag, München 1969.
- [7] Heisenberg, W.: Schritte über Grenzen – Gesammelte Reden und Aufsätze. R. Piper & Co Verlag, München 1971.
- [8] Heisenberg, W.: Tradition in der Wissenschaft – Reden und Aufsätze. R. Piper & Co Verlag, München 1977.
- [9] Hermann, A.: Werner Heisenberg in Selbstzeugnissen und Bilddokumenten. Reihe „rowohlts monographien“; Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Reinbek bei Hamburg 1976.
- [10] Herneck, F.: Bahnbrecher des Atomzeitalters; Große Naturforscher von Maxwell bis Heisenberg. Buchverlag Der Morgen Berlin 1975 (7. Aufl.), darin über Heisenberg bes. S. 276 bis 316, über Born bes. S. 317 bis 355.
- [11] Hörz, H.: Werner Heisenberg und die Philosophie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968.

- [12] Jammer, M.: Werner Heisenberg (1901 bis 1976). Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie (Wiesbaden) VII (1976) 1, S. 1 bis 10.
- [13] Kant, H.: Werner Heisenberg 1901 bis 1976. In: „Physik in der Schule“ (Berlin) 14 (1976) 5, S. 177 bis 186.
- [14] Kant, H.: Peter Debye – einer der vielseitigsten Physiker des 20. Jahrhunderts. In: „Physik in der Schule“ (Berlin) 14 (1976) 12, S. 508 bis 513.
- [15] Arbeiten zur Quantenmechanik von Heisenberg und Born. Wiedergedruckt in G. Ludwig: Wellenmechanik – Einführung und Originaltexte; WTB 55, Akademie-Verlag Berlin 1969, S. 193 bis 210 (Heisenberg) und S. 210 bis 237 (Born, Jordan).
- [16] Vogel, H.: Physik und Philosophie bei Max Born. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968.
- [17] In memoriam Werner Heisenberg aus Anlaß seines 80. Geburtstages. Nova acta Leopoldina (Halle) N. F. 55 (1982) 248.

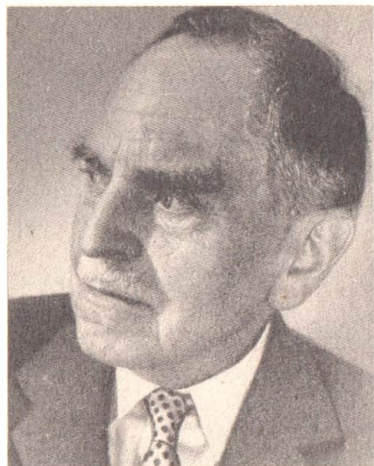
OTTO HAHN (1879 bis 1968) und LISE MEITNER (1878 bis 1968)

OTTO HAHN steht als Entdecker der Kernspaltung am Beginn eines Zeitalters, das dem Menschen durch die friedliche Nutzung der Atomenergie zuvor ungeahnte Möglichkeiten eröffnet hat und gleichzeitig seine Wachsamkeit erfordert, um ihre kriegszerstörerische Verwendung zu verhindern. Bereits vor dieser herausragenden Leistung hatte sich OTTO HAHN jedoch einen ausgezeichneten wissenschaftlichen Ruf durch zahlreiche Einzelentdeckungen auf dem Gebiet der Radioaktivität erworben, die er z. T. zusammen mit LISE MEITNER vollbracht hatte.

LISE MEITNER war es auch, die als eine der ersten den Prozeß der Urankernspaltung erläuterte und Aussagen über die dabei freisetzbare Energie traf.

OTTO HAHN wurde am 8. März 1879 in Frankfurt/Main geboren. Der Vater, HEINRICH HAHN, hatte sich als Glasergeselle in Frankfurt/Main niedergelassen und dort mit der Witwe CHARLOTTE STUTZMANN die Ehe geschlossen. Die Einkünfte der elterlichen Glaserei ermöglichten dem vierten und jüngsten Sohn Otto auch noch während des späteren Studiums eine von materiellen Sorgen freie Entwicklung. Er sollte auf Wunsch des Vaters eigentlich Architekt werden. Bereits vor dem Abitur hatte der spätere Entdecker der Kernspaltung jedoch, angeregt durch verschiedene „chemische Spielereien“, sein Interesse für die Chemie entdeckt, und so begann er 1897 das Studium dieses Faches zuerst in Marburg, dann in München, zuletzt wieder in Marburg bei Professor ZINKE, der ihm auch 1901 bei seinem Dokorexamen zur Seite stand.

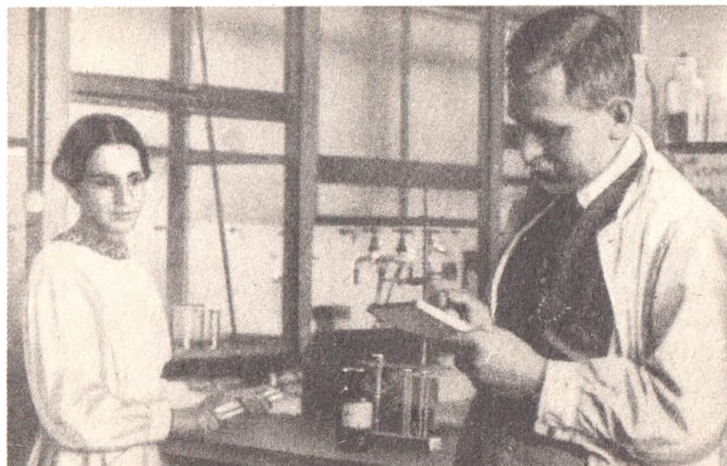
Nach der einjährigen Militärzeit und einer Tätigkeit als Vorlesungsassistent ging der junge Chemiker, der eigentlich keine akademische Laufbahn im Sinne hatte, nach England, um seine Sprachkenntnisse zu vervollständigen. Bei dieser Gelegenheit konnte er sich, durch die Anregung und Vermittlung von ZINKE im chemischen Institut des University College von London bei RAMSAY, dem Entdecker der Edelgase, auch mit fachlichen Problemen beschäftigen. Es waren Probleme der Radioaktivität, und sie bestimmten von diesem Zeitpunkt an den Inhalt seiner lebenslangen wissenschaftlichen Arbeit.



Schon zu Beginn seiner Tätigkeit auf dem neuen Arbeitsgebiet hatte OTTO HAHN durch Fleiß und Forscherglück einen ersten Erfolg. In einem Bariumchloridpräparat fand er neben dem eigentlichen Untersuchungsgegenstand Radium auch das bis dahin unbekannte Radiothor. Ermutigt durch dieses Ergebnis, bemühte er sich nun mit großer Energie darum, seine Kenntnisse über die Radioaktivität weiter zu vervollkommen. Das gelang ihm vor allem bei RUTHERFORD, unter dessen Anleitung er vom Herbst 1905 bis zum Sommer 1906 in Montreal arbeiten konnte. In dieser Zeit fand er die neue Substanz Radioactinium. In seiner wissenschaftlichen Selbstbiographie [1] berichtete OTTO HAHN darüber, daß er die benötigten Elektroskope zum Nachweis radioaktiver Strahlung selbst aus Konservendosen hergestellt hat.

Ausgerüstet mit ersten Erfahrungen und bekannt geworden durch Veröffentlichungen über die von ihm erzielten Ergebnisse, konnte OTTO HAHN ab Herbst 1906 seine Forschungen am Chemischen Institut der Berliner Universität, das damals unter der Leitung von EMIL FISCHER stand, fortsetzen. In seinem Arbeitsraum, einer ehemaligen Holzwerkstatt, entdeckte er wenig später das von ihm so benannte Mesothor. Es konnte schon bald anstelle des doppelt so teuren Radiums für die klinische Anwendung zur Verfügung gestellt werden. Nachdem sich der Radiochemiker HAHN 1907 habilitiert hatte, trat ein Ereignis ein, das für seine weitere Arbeit große Bedeutung erhalten sollte, das Zusammentreffen mit LISE MEITNER im September 1907. Die Physikerin war von Wien nach Berlin gekommen, um in den Vorlesungen von PLANCK ihre Kenntnisse zu vertiefen.

LISE MEITNER wurde am 7. November 1878 in Wien geboren. Ihr Vater war Rechtsanwalt, sie hatte weitere sieben Geschwister. Als Mädchen hatte sie z. T. unter schwierigen Bedingungen die Hochschulreife erlangt und begann 1901 mit dem Studium von Physik, Chemie, Mathematik und Philosophie an der Wiener Universität, wo sie 1905 als zweite Frau promovierte. Als sie 1907 nach Berlin kam, hatte sie sich bereits einige Zeit mit Problemen der Radioaktivität beschäftigt und darüber zwei Veröffentlichungen verfaßt.

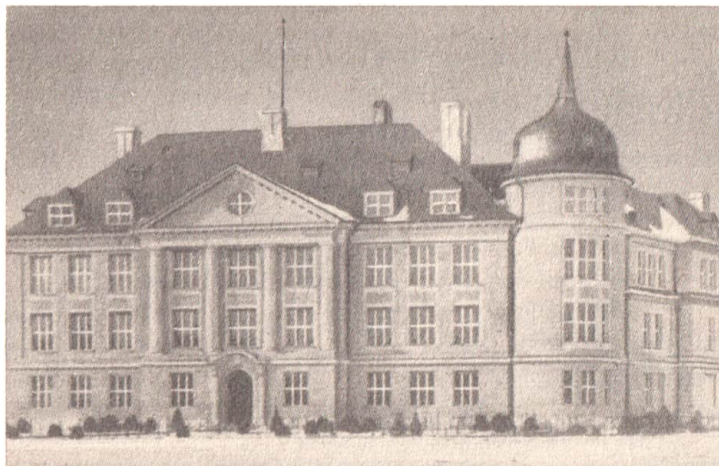


LISE MEITNER
und OTTO HAHN
im Labor
(1913)

Sehr bald führten die gemeinsamen Interessen zu einer engen Zusammenarbeit zwischen OTTO HAHN und LISE MEITNER. So wie der Gegenstand ihrer Forschung die ergänzende Anwendung sowohl chemischer als auch physikalischer Untersuchungsmethoden erforderte, unterstützten sich Chemiker und Physikerin bei der gemeinsamen Arbeit. Bedeutsame Ergebnisse ließen deshalb nicht lange auf sich warten. Dabei hatte LISE MEITNER in dieser Zeit mehrfach mit den Vorurteilen zu kämpfen, die den Frauen, welche als Wissenschaftler arbeiteten, entgegengebracht wurden. Anfangs war es ihr z. B. verboten, im Institut von EMIL FISCHER die Labors ihrer männlichen Kollegen zu betreten. OTTO HAHN berichtete, daß sich ein Redakteur eines Tages, offensichtlich durch Veröffentlichungen von LISE MEITNER aufmerksam geworden, nach der Adresse des vermeintlichen Herrn MEITNER erkundigte, um ihn zur Mitarbeit für das Brockhaus Konversationslexikon zu gewinnen. Nachdem er von der Frau LISE MEITNER erfahren hatte, lehnte er eine Zusammenarbeit energisch ab.

Im Jahre 1909 gelang den beiden Forschern der experimentelle Nachweis des bereits von RUTHERFORD vorausgesagten radioaktiven Rückstoßes, eines wichtigen Effekts, der für das richtige Verständnis bestimmter Erscheinungen beim radioaktiven Zerfallsprozeß von Bedeutung ist. Auch die neuen Substanzen Actinium C und Thorium D wurden von ihnen bis zu diesem Zeitpunkt nachgewiesen. Ab 1912 konnten die Untersuchungen von OTTO HAHN und LISE MEITNER unter günstigeren Bedingungen am neuerbauten Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie fortgeführt werden. Bevor sie jedoch durch das Auffinden des radioaktiven Elements Protaktinium im Jahre 1918 mit einer weiteren bedeutsamen Entdeckung bekannt wurden, unterbrach der erste Weltkrieg ihre Arbeit.

LISE MEITNER, die von 1912 bis 1915 als Assistentin bei MAX PLANCK am Institut für theoretische Physik tätig war, hatte erst nach dem ersten Weltkrieg die Möglichkeit zur Habilitation, da bis zu diesem Zeitpunkt keine weiblichen Privatdozenten an der Berliner Universität zugelassen wurden. Nach dem Besuch eines Röntgen-



Kaiser-Wilhelm-
Institut
für Chemie

und eines Anatomiekurses arbeitete sie von 1915 bis 1917 in Militärhospitälern der österreichischen Armee. OTTO HAHN erlebte den Krieg in einer Spezialeinheit des deutschen Heeres.

In den Jahren nach dem ersten Weltkrieg setzten beide Gelehrten ihre gemeinsame Arbeit fort, erzielten jedoch auch jeder für sich bemerkenswerte Ergebnisse. OTTO HAHN beschäftigte sich u. a. mit der geologischen Altersbestimmung auf der Grundlage radioaktiver Zerfallsprozesse, einer heute allgemein bekannten Verfahrensweise. Seine Arbeiten führten zur sogenannten Strontiummethode. 1922 entdeckte er mit der Substanz Uran Z den ersten Fall von Kernisomerie, bei der – trotz gleicher Protonen- und Neutronenzahl im Atomkern – abweichende Energieinhalte und Zerfallszeiten beobachtet werden. LISE MEITNER konnte 1925 zeigen, daß die durch Kernumwandlung verursachte Gamma-Strahlung mit einer zeitlichen Verzögerung nach den Alpha- und Betastrahlen auftritt und demnach nicht vom ursprünglich vorhandenen, sondern vom neu entstehenden Tochterkern emittiert wird.

Neben den Forschungsergebnissen gab es andere Ereignisse von Bedeutung für das Leben von OTTO HAHN und LISE MEITNER.

OTTO HAHN schloß im Jahre 1913 die Ehe mit EDITH JUNGHANS, und 1922 wurde sein einziger Sohn Hanno geboren, der später schwer verwundet aus dem zweiten Weltkrieg zurückkehrte und 1960 mit seiner Frau tödlich verunglückte. OTTO HAHN, der ab 1924 Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften und ab 1928 Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie geworden war, gehörte zeitweise der Deutschen bzw. Internationalen Atomgewichtskommission an und leistete als Gründungsmitglied der Internationalen Radiumstandardkommission ab 1910 eine fruchtbare Arbeit. Auf zahlreichen wissenschaftlichen Veranstaltungen berichtete er über die Resultate der Arbeiten mit den radioaktiven Substanzen und gab Anregungen für weitergehende Untersuchungen, so u. a. 1933 bei Vorlesungen an der Cornell University Ithaka und auf dem Internationalen Mendeleejew-Kon-

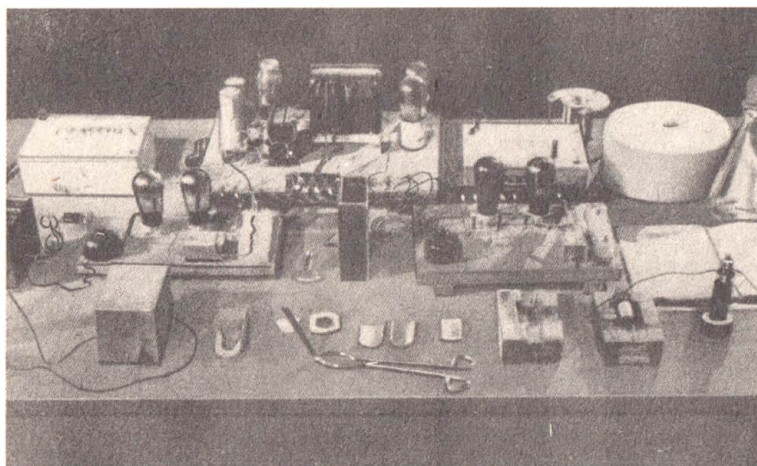


HAHN UND STRASSMANN
(1959)

groß 1934 in Moskau und Leningrad, den er zusammen mit LISE MEITNER besuchte.

Nach 1933 hat OTTO HAHN mehrfach Gelegenheit genommen, um seine gegen die wissenschaftsfeindliche Politik der Nationalsozialisten gerichtete Haltung zu demonstrieren. Er tat es, als er nach dem Ausschluß LISE MEITNERS aus der Berliner Universität kurz danach ebenfalls seine Tätigkeit als Universitätslehrer aufgab, und als er die Gedenkrede auf einer 1935 gegen amtlichen Willen durchgeführten Gedächtnisfeier für FRITZ HABER übernahm. Später, nachdem er ihre ständige Diskriminierung nicht hatte verhindern können, half er mit, die erfolgreiche Flucht LISE MEITNERS vorzubereiten.

LISE MEITNER, die 1918 am Institut OTTO HAHNS die Leitung einer selbständigen Abteilung Physik übernommen und ein Jahr später den Titel eines Professors erhalten hatte, wurde 1924 auf Vorschlag von LAUE, EINSTEIN und PLANCK mit der silbernen Leibniz-Medaille der Preußischen Akademie der Wissenschaften geehrt. Nachdem sie ab 1926 als nichtbeamteter außerordentlicher Professor an der Berliner Universität gewirkt hatte, wurde ihr im Jahre 1933 die Lehrbefugnis aus „rassischen Gründen“ entzogen. Obwohl nun die antisemitischen Ausschreitungen ständig zunahmen, konnte sich LISE MEITNER mit ihrer österreichischen Staatsbürgerschaft vorerst unbehelligt an den Experimenten zur Neutronenbestrahlung von Uran und Thorium beteiligen. Angeregt durch Untersuchungen FERMIS – begonnen im Jahre 1934 –, beschritt sie zusammen mit OTTO HAHN und später mit FRITZ STRASSMANN einen Weg, der mit der Entdeckung der Kernspaltung durch die zuletzt genannten Physiker im Dezember 1938 einen ersten und entscheidenden Höhepunkt erreichen sollte. LISE MEITNER befand sich jedoch zu diesem Zeitpunkt bereits nicht mehr in Deutschland. Nach der Annexion Österreichs durch Hitlerdeutschland unmittelbar bedroht, verließ sie am 17. Juli 1938 den Ort, an dem sie mehr als 30 Jahre gewirkt hatte, flüchtete über die Niederlande mit Unterstützung HAHNS und zahlreicher anderer Freunde nach Schweden, wo sie am Forschungsinstitut für



Arbeits-
geräte
OTTO HAHNS
bei der
Erforschung
der
Kernspaltung

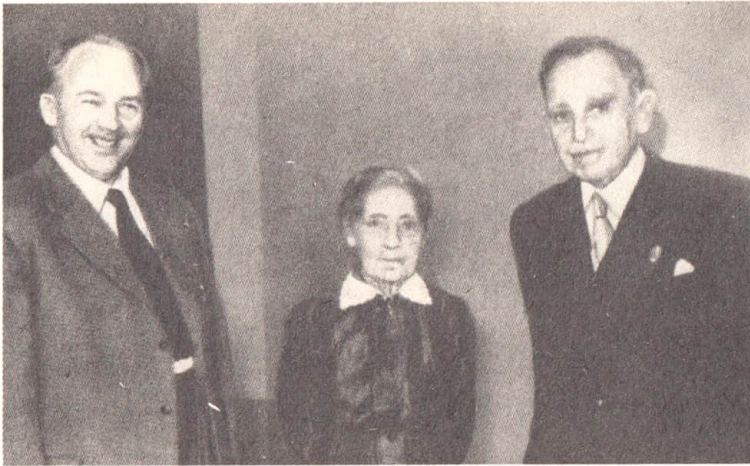
Physik der Schwedischen Akademie der Wissenschaften einen neuen Arbeitsplatz fand.

HAHN und STRASSMANN setzten nach der Emigration von LISE MEITNER die Experimente zur Neutronenbestrahlung von Uran fort und berichteten bald über drei Radiumisotope, die im Ergebnis der Bestrahlung besonders häufig vertreten waren. Als Trägersubstanz für das Uran benutzten sie Bariumchlorid, und nun zeigte sich plötzlich die Schwierigkeit, daß es ihnen nicht gelang, nach dem Versuch die vermeintlichen Radiumisotope durch chemische Fraktionierung wieder vom Barium zu trennen. OTTO HAHN schrieb an LISE MEITNER: „Die Fraktionierung funktionierte nicht“ [2; S. 151] und nach weiteren mühsamen Analysen „... daß wir als Chemiker den Schluß ziehen müssen, daß die drei genau studierten Isotope gar kein Ra sind, sondern vom Standpunkt des Chemikers aus Ba.“ [2; S. 153]

Die Ergebnisse der Experimente wurden im Januar 1939 in der Zeitschrift „Naturwissenschaften“ durch HAHN und STRASSMANN veröffentlicht. [3] Die eindeutige Erklärung für den Vorgang der dabei verwirklichten Kernspaltung des Urans (Kernladung 92) in die Bruchstücke Barium (Kernladung 56) und Krypton (Kernladung 36) bei gleichzeitiger Energieabgabe erfolgte unmittelbar darauf durch LISE MEITNER und ihren Neffen ROBERT FRISCH, die nach den Briefen von OTTO HAHN gemeinsam in Schweden die theoretischen Überlegungen dazu angestellt hatten.

Mehrfach hat OTTO HAHN in seinen persönlichen Erinnerungen geschildert, wie „undiskutabel“ die Abtrennung größerer Bruchstücke bei der Bestrahlung mit den relativ energiearmen Neutronen für die Kernphysiker bis Ende 1938 war. Das Bekanntwerden der neuen Tatsachen, ergänzt durch die Erkenntnis, daß die bei der Kernspaltung unter bestimmten Bedingungen freiwerdenden Neutronen zu einer Kettenreaktion und damit zur Freisetzung großer Energiemengen führen könnten, löste in zahlreichen Laboratorien zusätzliche Aktivitäten aus.

Unter den politischen Bedingungen des zweiten Weltkriegs, der zugleich die Zusammenarbeit und den Informationsaustausch zwischen den Wissenschaftlern



HAHN,
STRASSMANN,
MEITNER
(1956)

weitgehend unterbrach, kam es dann nicht zur friedlichen Nutzung der Kernenergie, sondern zum verhängnisvollen Bau der ersten Atombomben in den Vereinigten Staaten von Amerika. Hiroshima und Nagasaki sind heute für jeden Menschen ein Begriff, und auch OTTO HAHN, der von den Ereignissen während seiner Internierung nach dem zweiten Weltkrieg in Großbritannien erfuhr, hat nach dem Kriege viele Möglichkeiten genutzt, um vor dem Mißbrauch der Atomenergie zu warnen. So in seinem Vortrag anlässlich der Verleihung des Nobelpreises für Chemie für das Jahr 1944, als Initiator des Mainauer Appells der Nobelpreisträger vom Juli 1955 oder als Mitunterzeichner des Göttinger Appells der 18 deutschen Atomwissenschaftler vom April 1957. Als Präsident der westdeutschen Max-Planck-Gesellschaft, mehrfacher Ehrendoktor, Mitglied von Akademien verschiedener Länder und Träger zahlreicher Auszeichnungen hat er mit seiner ganzen Autorität immer wieder auf die Gefahr der atomaren Rüstung hingewiesen und ist auf diese Weise bis zu seinem Tode am 28. Juli 1968 in Göttingen nicht nur seiner Arbeit, sondern auch seiner Verantwortung als Wissenschaftler nachgekommen und gerecht geworden.

Eine solche Einschätzung ist ebenso für LISE MEITNER zu treffen, die sich in Vorlesungen und Vorträgen wiederholt für die friedliche Nutzung der Atomenergie ausgesprochen hat. Sie, die in Schweden ihre wissenschaftliche Tätigkeit fortgesetzt und wie OTTO HAHN viele Ehrungen und Auszeichnungen erhalten hatte, übersiedelte noch im hohen Alter 1960 nach Cambridge und ist dort am 27. Oktober 1968 gestorben.

Lebensdaten zu OTTO HAHN

1879	geboren am 8. März in Frankfurt/Main
1897 bis 1901	Chemiestudium an den Universitäten Marburg und München



**Nobelpreisträgertagung
(1953)
und Mainauer Erklärung
(1955)**

1901	Doktorpromotion
1904/1905	Arbeiten zur Radioaktivität bei RAMSAY in London; Entdeckung des Radiothor
1905/1906	weitere Untersuchungen über Radioaktivität bei RUTHERFORD in Montreal; Entdeckung des Radioactinium
ab 1906	Beginn selbständiger Forschungen am Chemischen Institut der Berliner Universität
1907	Habilitation und Beginn der Zusammenarbeit mit LISE MEITNER
1918	entdeckt zusammen mit LISE MEITNER Protaktinium
1938	Dezember, entdeckt zusammen mit STRASSMANN die Kernspaltung des Uran
1945	Nobelpreis für Chemie für das Jahr 1944
1955	Initiator des Mainauer Appells der Nobelpreisträger
1957	Mitunterzeichner des Göttinger Appells
1968	gestorben am 28. Juli in Göttingen

Lebensdaten zu LISE MEITNER

1878	geboren am 7. November in Wien
ab 1901	Studium an der Universität in Wien
1905	Promotion über Probleme der Wärmeleitung
1907	Vorlesungsbesuch bei MAX PLANCK in Berlin. Beginn der Zusammenarbeit mit OTTO HAHN
1912 bis 1915	Assistentin bei MAX PLANCK
1918	Entdeckung des Protaktiniums zusammen mit OTTO HAHN
1922	Habilitation
ab 1934	Neutronenstrahllexperimente mit Uran (zusammen mit HAHN und STRASSMANN)
1938	Emigration nach Schweden und mehrjährige wissenschaftliche Tätigkeit

1939	Erläuterung der Urankernspaltung (mit O. R. FRISCH)
1960	Übersiedlung nach Cambridge
1968	am 27. Oktober in Cambridge gestorben

Literaturverzeichnis zu OTTO HAHN und LISE MEITNER

- [1] Hahn, O.: Vom Radiothor zur Uranspaltung. Eine wissenschaftliche Selbstbiographie. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1962.
- [2] Hahn, O.: Mein Leben. Verlag Bruckmann, München 1969.
- [3] Hahn, O. und Straßmann, F.: Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdallalimetalle. „In: Naturwissenschaften“, Berlin 27 (1939), S. 11 bis 15.
- [4] Hahn, O.: Lise Meitner 85 Jahre. In: „Naturwissenschaften“, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 50 (1963) 21.
- [5] Herneck, F.: Bahnbrecher des Atomzeitalters. Verlag Der Morgen, Berlin 1977, S. 356 bis 400.

ENRICO FERMI (1901 bis 1954) und J. ROBERT OPPENHEIMER (1904 bis 1967)

Die Namen dieser beiden Physiker sind auf das engste mit der Entwicklung der amerikanischen Atombombe verbunden. Beide waren glänzende theoretische Physiker – auch wenn ihren Leistungen unterschiedliche wissenschaftliche Bedeutung zukommt –, die es auf ausgezeichnete Weise verstanden, die theoretische Forschung mit experimenteller und wissenschaftsorganisatorischer Arbeit zu verbinden und in universeller Breite ihr Fachgebiet zu vertreten. Ihre herausragende Stellung bei der Atombombenentwicklung rechtfertigt ihre gemeinsame Behandlung an dieser Stelle, wenn sie auch sonst recht wenig miteinander verband.

FERMI wurde am 29. September 1901 in Rom als jüngster Sohn (von drei Geschwistern) eines kleineren Eisenbahnbeamten und seiner Frau, einer Grundschullehrerin, geboren. Ohne daß ihm seine häusliche Umgebung entsprechende Anregungen geben konnte, interessierte er sich bereits als Zehnjähriger für Mathematik und Physik. Starke Förderung erhielt er von einem Kollegen seines Vaters, einem naturwissenschaftlich interessierten Ingenieur. Dieser beschaffte ihm Bücher über darstellende Geometrie und Teilgebiete der höheren Mathematik und klassischen theoretischen Physik; zum allgemeinen Erstaunen „las“ FERMI diese Bücher sehr schnell und gründlich. 1918 schloß er das Gymnasium mit sehr guten Noten ab.

Anschließend begann FERMI an der Universität Pisa ein Physikstudium. Seine Lehrer konnten ihm jedoch nicht viel Neues bieten, und so beschäftigte er sich im Selbststudium vornehmlich mit den Arbeiten von PLANCK, BOHR und SOMMERFELD zur Quantentheorie, die in Italien noch weitgehend unbekannt waren. In Spezialvorlesungen durfte er noch während des Studiums – auch für seine Lehrer – darüber vortragen. 1922 verteidigte er erfolgreich seine Dissertation zur Optik der



ENRICO FERMI

Röntgenstrahlen – eine experimentelle Arbeit, denn wer sollte im damaligen Italien eine theoretische begutachten?

Für 1924 erhielt FERMI ein Auslandsstipendium und weilte bei BORN in Göttingen und EHRENFEST in Leiden. Die anregende Atmosphäre dieser beiden physikalischen Zentren Europas konnte jedoch FERMI, der von frühester Kindheit das Selbststudium gewöhnt war, nicht allzuviel vermitteln. Insbesondere EHRENFEST erkannte aber in ihm den begabten Theoretiker. 1925 trat FERMI eine außerordentliche Professur für mathematische Physik in Florenz an. Bekannteste Ergebnisse aus dieser Zeit sind ein Lehrbuch „Einführung in die Atomphysik“ sowie eine Arbeit über die dem Pauli-Prinzip gehorchenden Teilchen, in der er den Grundstein für die sogenannte Fermi-Dirac-Statistik legte.

Inzwischen war der Dekan der Fakultät für Physik, Mathematik und Naturwissenschaften der Universität Rom auf ihn aufmerksam geworden. Er begründete für FERMI den ersten italienischen Lehrstuhl für Theoretische Physik, und Ende 1926 trat FERMI seine Professur in Rom an. Mit diesem Zeitpunkt setzte sozusagen eine neue Blüte der italienischen Physik ein. FERMI schuf an der Universität eine kleine, aber gewichtige Schule der modernen Physik, aus der eine Anzahl begabter Physiker hervorging, wie PONTECORVO, RASETTI, SEGRÈ oder AMALDI.

FERMI wird von seinen Schülern stets als ausgezeichnete Lehrer geschildert: „Er führte nicht nur meisterhaft Seminare und inoffizielle Lektionen in einem engen Kreis durch, sondern hielt genauso glänzend Vorlesungen vor Studenten in großen Hörsälen. Seine Vorlesungen ... zeichneten sich durch äußerste Klarheit und Systematik aus; das ist nicht etwa auf seine sorgfältige Vorbereitung, sondern auf seine tiefen Kenntnisse und die außerordentliche Klarheit seines Denkens zurückzuführen.“ [8; S. 410] Gleiches gilt für seine Lehrbücher und Abhandlungen. Dabei war es ihm einerlei, ob eine Darlegung elegant war oder nicht; es kam ihm vor allem auf Inhalt und Verständlichkeit an.

In der Forschung arbeitete FERMI mit seiner Gruppe zunächst in drei Hauptrich-

600 Versuch einer Theorie der β -Strahlung I
von E. Fermi in Rom
~~Manuskript~~
Bei dem Versuch, eine Theorie der
Betastrahlung zu entwickeln, wurde die β -~~Strahlung~~
zunächst als ein kontinuierliches Spektrum
betrachtet. Diese Annahme ist
jedoch nicht mit dem Experiment
vereinbar. Die Lösung dieses Problems
führt zu der Theorie der Betastrahlung.
Die Theorie ist durch das Experiment
bestätigt. Falls man den Zerfallsweg der Energie
erhalten will, muss man annehmen,
dass ein Bruchteil der, bei dem β -~~Zerfall~~
freigesetzten Energie in Form von
neutrinoartigen Teilchen abgeführt wird.
Diese Teilchen sind nach dem Vorschlag
von Pauli, ~~und der Fermi~~ ~~einen~~ ~~Neutrino~~
man z. B. annehmen, dass beim
 β -Zerfall nicht nur ein Elektron,
sondern auch ein neues Teilchen,
das "neutrino" (Neutrino), (bzw.
der Größenordnung der α -Strahlung

tungen (wobei er stets das gesamte Gebiet der Physik im Auge hatte): Quantenelektrodynamik, statistische Mechanik, Atom- und Molekülstruktur. Dabei ging er Anfang der dreißiger Jahre von Problemen der Atomhülle zu solchen des Atomkerns über. Mit der Quantenmechanik war nach FERMI damaliger Ansicht die Atomphysik abgeschlossen. „Die Zukunft gehörte nun der Kernphysik und der Untersuchung komplizierter biologischer Strukturen.“ [10; S. 91]

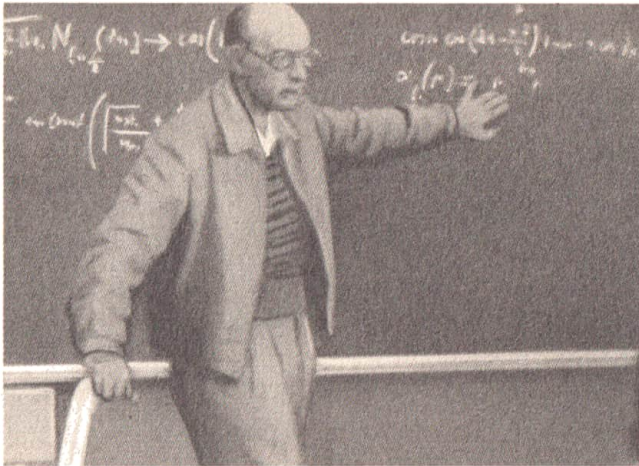
Diese Änderung der Forschungsrichtung bereitete FERMI gründlich vor: Er schickte z. B. RASETTI zu LISE MEITNER nach Berlin, AMALDI studierte gründlich die Arbeiten von RUTHERFORD, und im Oktober 1931 lud FERMI eine Reihe bekannter Kernphysiker zu einer Konferenz ein. Verstärkt wurden jetzt auch experimentelle Untersuchungen durchgeführt.

Im Jahre 1934 entwickelte FERMI auf der Grundlage der Neutrinohypothese von PAULI seine Theorie des Betazerfalls. Im selben Jahr gelang der Gruppe im Anschluß an die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität (\rightarrow JOLIOT-CURIE) der Nachweis, daß sich fast alle Elemente umwandeln lassen. Aus der beobachteten Abhängigkeit der entstehenden künstlichen Radioaktivität vom umgebenden Material leitete er auch die hohe Wirksamkeit langsamer Neutronen ab. Für diese Arbeiten erhielt er 1938 den Nobelpreis für Physik.

1928 hatte FERMI geheiratet; aus der Ehe gingen zwei Kinder hervor. Weder kulturell noch politisch war FERMI sonderlich interessiert. Aber seine ehrliche Lebenseinstellung brachte ihn in immer stärkere Konflikte mit dem faschistischen Regime MUSSOLINIS. So nutzte er die Gelegenheit der Nobelpreisverleihung und emigrierte mit seiner Familie in die USA.

An der Columbia-Universität in New York, an der er bereits früher zu Gastvorlesungen weilte, fand er eine neue Wirkungsstätte. Hier entwickelte er 1939 seine Theorie der Ionisationsverluste durch geladene Teilchen, aus der der Fermi-Dichtitätseffekt folgt.

Die Bedeutung der durch O. HAHN und F. STRASSMANN 1938 entdeckten Uranspal-



FERMI
bei einer Vorlesung

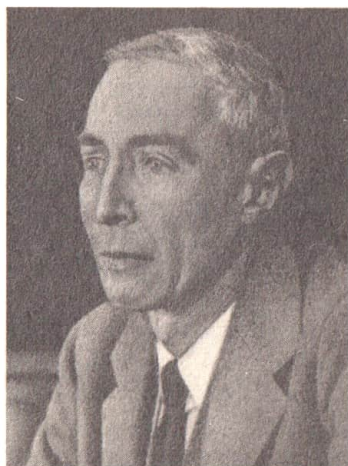
tung war auch FERMI sofort klageworden. Gemeinsam mit H. L. ANDERSON unternahm er erste Versuche zur Steuerung von Kettenreaktionen mit Neutronen. FERMI'S Ziel war es, auf diese Weise die Atomenergie zu beherrschen.

Inzwischen hatte das faschistische Deutschland den zweiten Weltkrieg ausgelöst. Durch EINSTEIN'S berühmten Brief an Präsident ROOSEVELT initiiert, hatten die USA begonnen, die Atombombe zu entwickeln (vgl. z. B. [12]). Ohne hier auf Hintergründe einzugehen, sei lediglich festgestellt, daß zu Beginn dieser Entwicklung viele Wissenschaftler ehrlich und durchaus mit gewisser Berechtigung der Meinung waren, durch ihre Teilnahme an diesem Projekt der Menschheit in dieser weltpolitischen Situation zu nutzen.

Auch FERMI'S Arbeiten zur Schaffung eines Kernreaktors wurden in das Atombombenprogramm einbezogen und entsprechend unterstützt. Im Sportstadion von Chicago „schichtete“ er aus 36,6 Tonnen Uranoxid und mehr als 300 Tonnen reinstem Graphit den ersten Kernreaktor auf. Am 2. Dezember 1942 wurde der Reaktor kritisch und lieferte eine Energie von 200 Watt. Damit war dem theoretischen Physiker FERMI auch eine der bedeutendsten technisch-experimentellen Leistungen gelungen.

Ende 1942 trat das gesamte Entwicklungsprogramm für eine amerikanische Atombombe in eine kritische Phase. Der Übergang von der Forschung zur technischen Realisierung war vorzubereiten und ein großangelegtes Programm unter dem Tarnnamen „Manhattan Engineer District“ wurde installiert; zu seinem militärisch-organisatorischen Leiter berief man General GROVES. Aber auch ein wissenschaftlicher Leiter wurde benötigt. FERMI kam jedoch nicht in Frage, denn er war Ausländer (außerdem hatte es bisher stets zu FERMI'S Prinzipien gehört, keine wissenschaftsleitende Stellung einzunehmen, um nicht von der Forschung abgelenkt zu werden). Aber ein Mann mit ähnlichen Fähigkeiten und ähnlichem Überblick über die gesamte Physik war notwendig.

GROVES fand seinen Mann – gegen viele Widerstände und Vorbehalte – in Op-



J. ROBERT OPPENHEIMER

PENHEIMER. OPPENHEIMER galt als der brillianteste theoretische Physiker der USA, obwohl er bisher weder eine etwa FERMI vergleichbare wissenschaftliche Leistung aufzuweisen hatte noch bei seinen Kollegen wegen seines arroganten Auftretens sonderlich beliebt war.

J. ROBERT OPPENHEIMER wurde am 22. April 1904 in einer jüdischen Familie in New York geboren. Sein Vater war ein erfolgreicher Textilimporteur, seine Mutter Malerin. OPPENHEIMER wuchs mit seinem jüngeren Bruder in einer intellektuell anregenden Atmosphäre auf, und ihm standen von Hause aus alle Möglichkeiten offen.

Nach erfolgreichem Schulbesuch nahm OPPENHEIMER 1922 an der HARVARD-Universität ein naturwissenschaftliches Studium auf; er beschäftigte sich aber auch sehr gern mit Philosophie, Literatur und Sprachen. Sein Interesse an der Physik wurde insbesondere durch BRIDGMAN gefördert. 1925 fuhr er nach Europa, um an den physikalischen Zentren seine Ausbildung zu vervollkommen. Zunächst war er in Cambridge bei RUTHERFORD, dann kam er nach Göttingen zu BORN. Mit diesem erarbeitete er die Theorie des Aufbaus zweiatomiger Moleküle, und im Frühjahr 1927 promovierte er hier. Danach machte er in Leiden und Zürich Station. EHRENFEST und PAULI beeindruckten ihn tief (mit EHRENFEST entstand 1931 eine Arbeit zur Kernstatistik, das Ehrenfest-Oppenheimer-Theorem). Mitte 1929 kehrte er in die USA zurück.

Aus mehreren Angeboten wählte OPPENHEIMER eine Assistenzprofessur am California Institute of Technology (angeblich war der Hauptgrund die große Sammlung alter französischer Lyrik in der Bibliothek [6; S. 67] – eine Fama, die das weite Interessengebiet OPPENHEIMERS belegt). Zugleich wirkte er an der University of California in Berkeley. 1936 wurde er ordentlicher Professor.

Anfangs hatte OPPENHEIMER einige Schwierigkeiten mit der Lehre, aber bald wurden seine Vorlesungen sehr geschätzt „...wegen ihrer klaren Darstellung fundamentaler Ideen der Physik“. [1; S. 280]

OPPENHEIMERS Gruppe theoretischer Physiker galt bald als die beste des Landes. Seine Hauptarbeitsgebiete waren Quantenmechanik und Theorie des Atomkerns; er erklärte die Reaktion von Deuteronen mit Kernen, untersuchte den Mechanismus der Paarbildung und erarbeitete eine Kaskadentheorie kosmischer Teilchenschauer, 1937 folgte ein Modellansatz für Neutronensterne.

Bis in die Mitte der dreißiger Jahre war OPPENHEIMER politisch kaum interessiert. Während ihn beispielsweise die Wirtschaftskrise überhaupt noch nicht berührte, gaben ihm Nachrichten über das Schicksal jüdischer Verwandter in Deutschland einerseits und andererseits die Feststellung, daß viele auch seiner besten Studenten keine Arbeit fanden, doch Anlaß zum Nachdenken.

Auf Grund mehr oder weniger zufälliger Bekanntschaften kam er mit kommunistischen und linken Bewegungen in Kontakt und unterstützte u. a. sogar die Interbrigaden im Spanischen Freiheitskampf. Jedoch war seine Beschäftigung mit den Zielen der kommunistischen Bewegung nicht sehr tiefgehend, und mit Beginn des zweiten Weltkrieges zog er sich daraus wieder zurück. Immerhin reichte diese „linke Betätigung“ aus, um ihn für den amerikanischen Geheimdienst als „belastet“ abzustempeln.

OPPENHEIMER heiratete 1940 KATHERINE PUENING HARRISON und hatte mit ihr zwei Kinder. Ihr gemeinsames Haus an der San Francisco-Bay war ein beliebter Treffpunkt für Studenten und Kollegen.

Nach der Entdeckung der Kernspaltung interessierte sich auch OPPENHEIMER für diese Probleme. In Zusammenarbeit mit LAWRENCE in Berkeley befaßte er sich mit theoretischen Problemen der Isotopentrennung beim Uran. 1942 bat ihn COMPTON in Chicago, eine theoretische Gruppe zusammenzustellen, die sich mit Problemen der Bereitstellung spaltbaren Materials befassen sollte. Damit war er offiziell in die Arbeiten zum amerikanischen Atombombenprojekt einbezogen.

GROVES wählte OPPENHEIMER als wissenschaftlichen Leiter des Manhattan-Projekts zunächst nur, weil er „keinen besseren fand“, der aber den Militärs wegen seiner „linken Vergangenheit“ gar nicht recht war; auch hatte OPPENHEIMER keinerlei Erfahrung für die Leitung eines solchen Projektes. Die Entwicklung sollte zeigen, daß GROVES nicht besser hätte wählen können. OPPENHEIMER identifizierte sich mit seinen Aufgaben und erwies sich als äußerst geschickt in Auswahl und Umgang mit den beteiligten Wissenschaftlern, bei der Planung der Institutsanlagen usw. Es kann hier nicht auf weitere Einzelheiten des Manhattan-Projekts eingegangen werden (vgl. dazu [1]).

Während OPPENHEIMER so zum sogenannten „Vater der amerikanischen Atombombe“ wurde, war FERMI einer der vielen bedeutenden Wissenschaftler, die daran mitarbeiteten – viele in ihrer wissenschaftlichen Leistung vermutlich bedeutender als OPPENHEIMER. FERMI übernahm in Los Alamos, dem Zentrum der Atombombenentwicklung, jedoch keine administrative Verantwortung, sondern wirkte als leitender Berater und beschäftigte sich mit Spezialproblemen (z. B. zur Verlangsamung und Diffusion von Neutronen in Graphit, zur Bestimmung der kritischen Masse von Kernbrennstoffen mit relativ kleinen Mengen uranhaltiger Substanzen).

Als das Ende des Krieges abzusehen war, waren viele der beteiligten Wissenschaftler der humanistischen Auffassung, daß diese furchtbare Waffe nun nicht mehr eingesetzt zu werden brauchte, und trugen dies auch der Regierung vor. In einem geschickten Schachzug lud der amerikanische Präsident TRUMAN OPPENHEIMER und FERMI als Mitglieder einer entsprechenden Kommission, der auch LAWRENCE angehörte, zu einer Beratung über den Einsatz der Atombombe ein. In Verkennung der wahren imperialistischen Ziele widersetzten sie sich dabei dem Atombombeneinsatz in Japan nicht. Erst die furchtbaren Folgen des Abwurfes über Hiroshima und Nagasaki öffneten ihnen die Augen.

Nach Kriegsende ging FERMI als Physikprofessor an die Universität Chicago; zugleich war er Mitarbeiter am neuen Institut für Kernprobleme (heute FERMI-Laboratory), hier erneut eine große Schülerzahl um sich sammelnd. Er griff nun eines der zentralen Probleme der Physik auf, die Wechselwirkung zwischen Mesonen und Nukleonen. Erneut zeigte sich in dem theoretischen und experimentellen Herangehen die Genialität seiner Forschungsmethode. Ein Grundsatz seiner erfolgreichen Arbeit war nach Meinung PONTECORVOS, daß er nicht dogmatisch das Neue suchte, sondern es stets erst zum Gesetz erhob, „...wenn das Alte nicht mehr taugt“. [8; S. 417]

Der Tod riß FERMI am 29. November 1954 mitten aus seiner vielseitigen und schöpferischen Forschungs- und Lehrtätigkeit. Im Herbst 1949 hatte er in Italien noch einmal eine Vorlesungsreihe zur Atomphysik gehalten, die sein weit gefächertes Interessengebiet von der Elementarteilchenphysik bis zur Neutronenoptik, von der Quantenelektrodynamik bis zur Kernreaktion und Kosmologie umspannte. Er hatte einen Blick für das Wesentliche in seiner einfachsten Form, und sein Prinzip war: „Wenn man eine Theorie wirklich versteht, kann man sie auch einfach ausdrücken.“ Der Allgemeinheit bekannt bleiben wird er als der Schöpfer des ersten Atomreaktors, den er „pila“ nannte, und womit er auch den Weg zur friedlichen Nutzung der Atomenergie wies – „pila di Fermi“ erlangt damit eine ähnliche Bedeutung für die Menschheit wie die fast 150 Jahre ältere „pila di Volta“.

Auch OPPENHEIMER verließ Ende 1945 Los Alamos, ging zunächst zurück an das California Institute of Technology und griff ebenso wie FERMI als Forschungsthema das interessante Problem der Meson-Nukleon-Wechselwirkung auf. In vielen Vorlesungen und Vorträgen befaßte er sich nun mit der künftigen Rolle der Atomenergie, forderte ihre friedliche Nutzung und trat für eine internationale Kontrolle ein, allerdings unter dem Gesichtspunkt, daß die USA die alleinige Verfügungsgewalt behalten sollten.

Von diesen Aspekten war sein Wirken in der Atomenergie-Kommission der USA bestimmt; er wurde zum wichtigsten Konsultanten in Atomenergiefragen. Daß er jedoch im wesentlichen für eine friedliche Nutzung eintrat, brachte ihm nicht nur Freunde ein, und als er es ablehnte, sich an der Entwicklung der Wasserstoffbombe zu beteiligen, ging die Reaktion offen gegen ihn vor. Man strengte eine Untersuchung wegen „unamerikanischen Verhaltens“ gegen ihn an und warf ihm erneut seine frühere „kommunistische“ Tätigkeit vor. OPPENHEIMER wurde aller seiner Posten enthoben.

Allerdings war er 1947 zum Direktor des „Institute for Advanced Studies“ in Princeton berufen worden; diese Funktion behielt er, und die Mitarbeiter stellten sich hinter ihn. In den folgenden Jahren bearbeitete OPPENHEIMER vor allem Probleme der Elementarteilchenphysik. Auf vielen Vortragsreisen griff er nun auch das Problem der Wechselwirkung von Wissenschaft und Gesellschaft auf, zwar in seiner von der bürgerlichen Weltanschauung geprägten Sicht, aber er wurde international mehr und mehr als ein Wissenschaftler anerkannt, der in der komplizierten Situation der bestehenden Gesellschaftssysteme seinen richtigen Platz zu bestimmen suchte. In den USA selbst erfolgte seine offizielle Rehabilitierung erst 1963 mit der Verleihung des Fermi-Preises für seine Beiträge zur friedlichen Nutzung der Atomenergie.

Am 18. Februar 1967 starb OPPENHEIMER in Princeton an Kehlkopfkrebs. Trotz aller notwendigen Differenziertheit der Einschätzung müssen wir OPPENHEIMER in die Gruppe der bedeutenden Physiker unseres Jahrhunderts einreihen, und nach wie vor sind die Schlußworte seines Vortrages „Der Krieg und die Nationen“ aus dem Jahre 1962 gültig, daß die Physiker aller Länder ihre Kräfte darauf richten müssen, daß in der Welt bei aller Verschiedenheit sich „... keine Nation auf einen Krieg vorbereiten soll“. [6; S. 65]

Lebensdaten zu ENRICO FERMI

1901	am 29. September in Rom geboren
1918	Studienbeginn in Pisa
1922	Studienaufenthalt bei BORN in Göttingen
1924	Lehrauftrag für mathematische Physik an der Universität Florenz
1927	Professor für Theoretische Physik an der Universität Rom
1938	Nobelpreis für Physik, Professur an der Columbia-Universität New York
1942	am 2. Dezember Inbetriebnahme des ersten Atomreaktors in Chicago
1944	Mitarbeit an der Atombombenkonstruktion in Los Alamos
1945	Professor of Nuclear Physics Chicago
1954	am 29. November in Chicago gestorben

Lebensdaten zu J. ROBERT OPPENHEIMER

1904	am 22. April in New York geboren
1922	Studium an der Harvard-Universität in New York
1925	Studienaufenthalte bei RUTHERFORD und BORN
1929	Assistenzprofessor am California Institute of Technology (ab 1936 ord. Professor) und an der Universität in Berkeley
1942	wissenschaftliche Leitung des Manhattan-Projekts zur Konstruktion der Atombombe in Los Alamos
1947	Direktor des Institute for Advanced Study in Princeton
1954	Oppenheimer-Hearing wegen „unamerikanischen Verhaltens“
1963	Verleihung des Fermi-Preises
1967	am 18. Februar in Princeton gestorben

Literaturverzeichnis zu ENRICO FERMI und J. ROBERT OPPENHEIMER

- [1] Bacher, R. F.: Robert Oppenheimer (1904–1967). Proceedings of the American Philosophical Society 116 (1972) 4, S. 279 bis 293.
- [2] Brink, D. M.: Kernkräfte – Einführung und Originaltexte. WTB Bd. 80, Akademie-Verlag, Berlin 1971, S. 302 bis 306.
- [3] Fermi, E.: Thermodynamics. Prentice-Hall, Inc., New York 1937 (russ. Ausgabe: Isd. Charkowskogo universiteta, Charkow 1969).
- [4] Fermi, L.: Mein Mann und das Atom. Düsseldorf und Köln 1956.
- [5] Holton, G.: Striking Gold in Science – Fermis Group and the Recapture of Italy's Place in Physics. Minerva (London) 12 (1974) 2, S. 159 bis 198.
- [6] Oppenheimer, J. R.: The Flying Trapeze – Three Crises for Physicists. Harper & Row Publishers, New York und Evanston 1969
(russ. Ausgabe nach der Londoner Originalfassung von 1964: Atomisdat, Moskwa 1967, mit einem Nachwort von W. Leschkowzew).
- [7] Pontekorwo, B.: Enriko Fermi; Uspechi Fisitscheskich nauk (Moskwa). 57 (1955) 3, S. 349 bis 359.
- [8] Pontecorvo, B.: Enrico Fermi. In: Ideen des exakten Wissens, Stuttgart Jg. 1972, S. 403 bis 418.
- [9] Segrè, E.: Collected Scientific Papers by Enrico Fermi. The University of Chicago Press, Chicago 1961.
- [10] Segrè, E.: Enrico Fermi – Physicist, The University of Chicago Press. Chicago und London 1970
(russ. Ausgabe: Isd. Mir Moskwa 1973).
- [11] Stulz, P.: Schlaglicht Atom – Ereignisse, Tatsachen, Zusammenhänge. Militärverlag der DDR, Berlin 1973.

IGOR WASSILJEWITSCH KURTSCHATOW (1903 bis 1960)

KURTSCHATOW gehörte jener ersten in der Sowjetunion ausgebildeten Physikergeneration an, die den hervorragenden Ruf der sowjetischen Wissenschaft in der Welt mitbegründete. Sein Name ist Symbol für die Entwicklung der Kernphysik und deren Nutzung in der UdSSR. Als durch die Regierung 1942 beauftragter Leiter der Arbeiten zur praktischen Verwertung der Kernenergie hatte er entscheidenden Anteil an der Organisation einer wissenschaftlichen Forschungs Kooperation und an der Begründung eines auf der Kernphysik basierenden neuen Zweiges der Technik. Seinen wissenschaftlichen, technischen und organisatorischen Leistungen, seinem unermüdlichen Einsatz war es wesentlich zu danken, daß die Sowjetunion 1949 das Atombombenmonopol der USA brechen konnte. Als Wissenschaftler des ersten sozialistischen Landes hatte er die Verantwortung für den Bau der Atombombe in dem Bestreben übernommen, alle auf diesem Gebiet gewonnenen Erkenntnisse bald nur noch für die friedliche Nutzung der Kernenergie einsetzen zu können. Sein politisches Engagement – das durch die Verleihung der Medaille des Weltfriedensrates gewürdigt wurde – galt vor allem diesem weltweit angestrebten Ziel.



IGOR WASSILJEWITSCH KURTSCHATOW
und seine Frau MARINA DIMITRIJEWA
(1927)

KURTSCHATOW wurde am 12. Januar 1903 in der Siedlung Sim im Süduralsk geboren. Sein Vater arbeitete als Landvermesser. Seine Mutter war Dorfschullehrerin. Um den Kindern eine höhere Schulbildung zu ermöglichen, zog die Familie 1909 nach Simbirsk (Uljanowsk) und schließlich 1912 nach Simferopol. Dort besuchte der junge KURTSCHATOW das Gymnasium. Er lernte leicht, ohne großen Zeitaufwand und beschäftigte sich neben der Schule mit Musik und technischer Literatur. Die Sommer auf dem Lande und an der See brachten vielfältige Erlebnisse.

Der erste Weltkrieg beendete dieses unbeschwertere Leben. Die materielle Lage der Eltern verschlechterte sich. KURTSCHATOW nutzte seine handwerklichen Kenntnisse, um etwas zu verdienen. So arbeitete er zeitweilig in einer Werkstatt, die Pfeifenmundstücke herstellte. Zusätzlich zum Schulbesuch absolvierte er eine Abend- schule für Schlosser. Hierbei trafen sich Notwendigkeit und Neigung. 1920 beendete KURTSCHATOW das Gymnasium mit einer Goldmedaille.

Erst Ende 1920 konnte die Sowjetmacht nach deutscher Invasion und Bürgerkrieg auch auf der Krim errichtet werden. Noch fehlte das Notwendigste. Aber bereits in den ersten Monaten der Revolution wurde die strategisch weit voraus orientierende Wissenschaftspolitik der jungen Sowjetmacht spürbar. KURTSCHATOW hatte ein Studium an der physikalisch-mathematischen Fakultät der Staatlichen Krim- Universität in Simferopol aufgenommen. Aus diesen Jahren stammt seine Freundschaft mit K. D. SINELNİKOW, die ein ganzes Leben lang anhalten und sich zu einer fruchtbaren Zusammenarbeit entwickeln sollte. 1927 heiratete KURTSCHATOW dessen Schwester. Auch als Student mußte sich KURTSCHATOW mit Gelegenheitsarbeiten seinen Unterhalt verdienen. Die Umstände gestatteten nicht, wählerisch zu sein. Auch als Nachtwächter in einem Kino arbeitete er zeitweilig. Im Sommer 1923 verteidigte er vorzeitig sein Diplom. Nunmehr beabsichtigte KURTSCHATOW, seinen langgehegten Wunsch zu realisieren und Ingenieur zu werden. Er wollte Schiffe bauen und ging deshalb an das Polytechnische Institut nach Leningrad. Am Ziel seiner Wünsche angelangt, bemerkte er jedoch bald, daß seine eigentlichen In-

teressen der wissenschaftlichen Arbeit galten. Seine Nebenbeschäftigung im Meteorologischen Institut in Pawlowski hatte mit zu diesem Entschluß beigetragen. Hier hatte er Messungen der Radioaktivität des Schnees auszuführen, die sein besonderes Interesse erregten. Durch Vermittlung SINELNIKOWS wurde er 1925 von JOFFE zur Arbeit an das 1918 gegründete Physikalisch-Technische Institut in Leningrad eingeladen.

JOFFES Einfluß sollte auch den wissenschaftlichen Lebensweg KURTSCHATOWS wesentlich mitbestimmen.

Die materiellen Mittel des Physikalisch-Technischen Instituts waren trotz großer Unterstützung seitens des Rates der Volkskommissare anfangs noch relativ bescheiden, aber der Elan der zumeist jungen Mitarbeiter war groß. In dem deshalb auch scherzhaft als „Kindergarten“ bezeichneten Institut bestimmte kollektive Arbeit die Atmosphäre. Die Halbleiterphysik gehörte zu den Forschungsschwerpunkten. Auch KURTSCHATOW begann seine wissenschaftliche Tätigkeit auf diesem Gebiet. Bald stellten sich auch Erfolge ein. Bereits 1930 wurde er Leiter eines Laboratoriums, das das Verhalten von Dielektrika in starken elektrischen Feldern untersuchte. KURTSCHATOW erwies sich bei diesen Arbeiten als glänzender Experimentator. Er erforschte die Seignettelektrizität (Ferroelektrizität) und leistete einen bedeutenden Beitrag zur Aufklärung der elektrischen Eigenschaften von Kristallen. „KURTSCHATOW ging vollkommen in die Wissenschaft auf“, erinnerte sich JOFFE an seinen einstigen Schüler. [1; S. 33]

1934 erhielt KURTSCHATOW für seine Arbeiten den akademischen Grad eines Doktors der Wissenschaften zuerkannt.

In dieser Zeit entwickelte sich KURTSCHATOW zu einem befähigten Leiter wissenschaftlicher Kollektive. Er verstand es vor allem, seinen Elan auf die Mitarbeiter zu übertragen, sie zu bedeutenden Leistungen zu führen. Im Institut nannten ihn seine Freunde deswegen den „General“. Seine wissenschaftlichen und organisatorischen Leistungen, verbunden mit seinem Sinn für die technische Umsetzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, gaben später den Ausschlag dafür, daß KURTSCHATOW 1942 mit der Leitung der Arbeiten zur Nutzung der Kernenergie beauftragt wurde.

Indessen hatte sich international die Kernphysik als neue Forschungsrichtung herausgebildet. 1919 war es RUTHERFORD gelungen, eine künstliche Kernumwandlung zu erreichen.

Anfang der dreißiger Jahre bildete sich auch am Physikalisch-Technischen Institut in Leningrad eine Arbeitsgruppe, die sich mit Problemen der Kernforschung beschäftigte. Dieser Forschungsgegenstand war in der Sowjetunion zu jener Zeit durchaus nicht neu. Bereits im April 1918 war auf Weisung LENIN in der Kommission für natürliche Produktivkräfte eine Abteilung für Radiumforschung gebildet worden. Noch im selben Jahr entstand in Leningrad das Radiuminstitut der Akademie der Wissenschaften. 1922 waren von sowjetischen Wissenschaftlern bei der Ausarbeitung der Pläne zur Elektrifizierung der Sowjetunion zukünftige Möglichkeiten der Energiegewinnung aus dem Atom ins Auge gefaßt worden. Ende der zwanziger Jahre erregten theoretische Arbeiten junger sowjetischer Wissenschaftler



I. W. KURTSCHATOW
vor seinem Hause
auf dem Gelände
des Instituts
für Atomenergie
in Moskau

bereits international Aufmerksamkeit. 1934 war auch KURTSCHATOW zur kernphysikalischen Forschung hinübergewechselt.

Schon nach wenigen Monaten, im April 1935, konnte er auf erste aufsehenerregende Resultate verweisen. Zusammen mit seinem Bruder Boris und L. I. RUSSINOW entdeckte er bei Untersuchungen der künstlichen Radioaktivität des Broms die Isomerie künstlicher Atomkerne.

Noch wurden die Untersuchungen mit primitiven technischen Mitteln durchgeführt. Aber weitere Ergebnisse waren an die Entwicklung einer leistungsstarken Technik geknüpft. Im Radiuminstitut in Leningrad wurde deshalb ein Zyklotron entwickelt und unter maßgeblicher Beteiligung von KURTSCHATOW 1938 als erste europäische Anlage in Betrieb genommen.

Nach dem Überfall Hitlerdeutschlands auf die Sowjetunion mußten die Forschungen vorübergehend eingestellt werden. Alle Kräfte wurden auf die Verteidigung konzentriert. KURTSCHATOW arbeitete, wie auch viele andere Wissenschaftler, in militärtechnischen Bereichen. Er entwickelte Abwehrmittel für Schiffe gegen Magnetminen und arbeitete als Leiter eines Laboratoriums für die Panzerung von Kampfwagen.

Indessen aber war es zur Gewißheit geworden, daß durch Kettenreaktionen bei Kernspaltungen große Energiemengen freigesetzt werden konnten. Angesichts des Krieges verband sich damit die Frage, ob es dem Faschismus gelingen könnte, diesen Prozeß zur Herstellung von Atombomben auszunutzen. In der Sowjetunion war es insbesondere G. N. FLJOROW, ein Mitarbeiter KURTSCHATOWS, der wiederholt auf diese Gefahr hinwies. In den westlichen Ländern wurde die Atomforschung bereits unter strengster Geheimhaltung betrieben. Das staatliche Verteidigungskomitee beschloß deshalb, die Kernforschung wieder aufzunehmen. Auf Vorschlag von JOFFE wurde KURTSCHATOW 1942 mit der Leitung der Arbeiten zur Nutzung der Kernenergie beauftragt. Im Februar 1943 ließ er sich endgültig in Moskau nieder, um mit dem späteren Institut für Atomenergie, das heute seinen Namen trägt, das Leitin-

stitut für die vielfältigen Forschungsvorhaben in verschiedenen Einrichtungen der Sowjetunion aufzubauen.

Zuerst galt es, die Hauptrichtungen der Arbeit festzulegen und die wissenschaftlichen und technischen Aufgaben exakt zu bestimmen. [1; S. 61] Der zu erwartende Aufwand erschien enorm. War er wirklich angesichts der komplizierten Situation der Sowjetunion zu vertreten? Konnten in absehbarer Zeit wesentliche Ergebnisse erreicht werden? Würde KURTSCHATOW in der Lage sein, ein solch gigantisches Vorhaben zu leiten? Er sah die Notwendigkeit und stürzte sich mit aller Energie in die Arbeit. Mit dem geringsten Aufwand an Zeit und materiellen Mitteln mußten die notwendigen Arbeiten von Laborversuchen bis zur technischen Umsetzung durchgeführt werden. Verschiedene Lösungsvarianten wurden parallel zueinander und in ständig steigendem Tempo bearbeitet. 1945 wurde ein Zyklotron zu Versuchszwecken in Betrieb genommen. Neben neuen Forschungsinstituten entstanden ganze Industriekomplexe, die vor allem die notwendigen Materialien wie Uran und Graphit in den nötigen Mengen und Bauteile für Kernreaktoren herstellten.

Indessen ging der Krieg seinem siegreichen Ende entgegen. Hoffnung keimte auf, daß die umfangreichen bereits geleisteten Arbeiten nunmehr dem friedlichen Aufbau zugute kommen würden. Doch schon zeichnete sich der gegen die UdSSR gerichtete kalte Krieg ab, der in den folgenden Jahren die internationale Politik wesentlich bestimmen sollte. Als Druckmittel wurde das Atombombenmonopol der USA ins Feld geführt. Die Atombombenabwürfe über Hiroshima und Nagasaki am 6. und 9. August 1945, unmittelbar nach Abschluß der Potsdamer Konferenz, demonstrierten das augenfällig und brutal. Das geschah in der Überzeugung, daß die Sowjetunion in den nächsten zehn bis fünfzehn Jahren nicht in der Lage sein würde, die Atombombe zu bauen.

Die Regierung der UdSSR sah sich daraufhin gezwungen, ihre Entwicklungsarbeiten wesentlich zu beschleunigen. Ganze Städte entstanden um Forschungsinstitute und Industrieanlagen. Spezialhochschulen und Fachschulen wurden gegründet, um die notwendigen Kader heranzubilden. [2; S. 180 bis 288]

Die wissenschaftliche Koordinierung dieses ständig an Umfang zunehmenden Programms lag in den Händen KURTSCHATOWS. Sein langjähriger Mitarbeiter I. N. GOLOWIN erinnert sich: „In dieser Periode erwies sich KURTSCHATOW als ein Organisator von ungewöhnlichem Format. Er entwickelte eine unerschöpfliche Energie und die an Intuition grenzende Fähigkeit, die vordringlichsten Aufgaben zu erkennen, in Angriff zu nehmen und optimale Resultate mit geringstem Aufwand zu erreichen.“ [1; S. 69 bis 70]

Trotz aller Beanspruchung durch diese Leitungsfunktion fand er noch Zeit, selbst experimentell zu arbeiten. In seinem Moskauer Institut konzentrierte er sich auf die Bewältigung der Schwerpunktaufgaben, auf den Bau des Reaktors, auf die Erzeugung von Plutonium, auf die Ausarbeitung von Verfahren zur Isotopentrennung, auf die Versuche zur Auslösung einer atomaren Kettenreaktion. Diese Arbeiten führte er zum Teil zusammen mit seinem Bruder Boris aus.

Am 25. 12 1946 konnte unter KURTSCHATOWS Leitung der erste Atomreaktor in Europa in der Nähe von Moskau in Betrieb genommen werden.



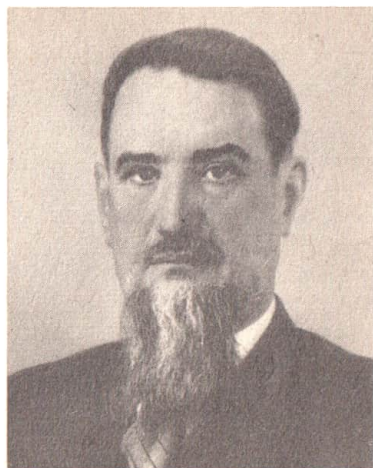
I. W. KURTSCHATOW
im Gespräch mit I. E. TAMM
(1959)

Ab 1947 wurde seine Arbeit mehr und mehr durch die Probleme der Überführung der Forschungsergebnisse in die Industrie bestimmt, die wiederum neue wissenschaftliche Aufgabenstellungen erbrachte. Fragen der Sicherheit spielten dabei eine wesentliche Rolle. Nach Jahren der Anspannung kam schließlich der Erfolg. Unter Leitung von KURTSCHATOW konnte am 29. August 1949 der erste Atombombentest der Sowjetunion durchgeführt werden. Das Atombombenmonopol der USA war gebrochen.

Als Kommunist – KURTSCHATOW war im August 1948 Mitglied der KPdSU geworden – und als Abgeordneter des Obersten Sowjet der UdSSR tat er selbst alles, um die atomare Rüstung international durch Abkommen zu begrenzen und die Kernenergie für friedliche Zwecke zu nutzen.

Dazu, daß sich das Kräfteverhältnis in der Welt Schritt für Schritt änderte, daß sich nach Jahren des kalten Krieges schließlich Anzeichen einer realeren Politik seitens der Westmächte durchsetzten, hatte auch die Entwicklung des militärischen Potentials der Sowjetunion wesentlich beigetragen. Der ersten internationalen Konferenz zur friedlichen Anwendung der Kernenergie in Genf im August 1955 war am 12. August 1953 der erste Wasserstoffbombentest der UdSSR vorangegangen, die USA konnte dieses Ziel erst im März 1954 erreichen, nachdem von ihnen die erste Kernfusionsexplosion im November 1952 ausgelöst worden war. Die Illusion vom entscheidenden wissenschaftlichen Vorlauf war endgültig zerstört worden.

Wiederum hatte KURTSCHATOW maßgeblichen Anteil an den experimentellen Arbeiten auf dem Gebiete der Kernfusion, die in der UdSSR strategisch orientiert auf die Beherrschung gesteuerter Kernfusionen seit 1950 betrieben wurden. Wie ernst es der Sowjetunion mit ihren Bemühungen um die ausschließlich friedliche Nutzung der Kernenergie war, wurde weltweit offensichtlich, als KURTSCHATOW im März 1956 als Mitglied einer sowjetischen Regierungsdelegation im britischen Kernforschungszentrum Harwell über den Stand der Arbeiten sowjetischer Physiker auf dem Gebiete der gesteuerten Kernfusion sprach.



I. W. KURTSCHATOW
(1958)

Bis zu diesem Zeitpunkt waren alle diesbezüglichen Ergebnisse unter dem Gesichtspunkt der Rüstung geheimgehalten worden. Das Auftreten KURTSCHATOWS in England führte dazu, daß auch auf diesem Gebiete der physikalischen Forschung wieder Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit geschaffen wurden. Indessen hatte auch das erste unter der wissenschaftlichen Leitung von D. J. BLOCHINZEW entstandene Atomkraftwerk der Welt am 27. 6. 1954 in Obninsk seine Arbeit aufgenommen.

KURTSCHATOW arbeitete unter Einsatz aller seiner Kräfte, immer auf das Wesentliche der nächsten Aufgaben konzentriert.

Zwei Schlaganfälle konnten ihn nicht von seiner Arbeit abbringen, auch wenn er zeitweilig vom Bett aus leiten mußte. Am 7. Februar 1960 starb er mitten in einem wissenschaftlichen Gespräch.

Sein Einsatz ist von der Regierung der UdSSR mit zahlreichen Auszeichnungen gewürdigt worden. KURTSCHATOW war fünffacher Held der sozialistischen Arbeit, Träger des Leninpreises und des Leninordens, um nur die bedeutendsten Auszeichnungen zu nennen. Seine Kollegen und Schüler ehrten ihn durch die Benennung des Transuran-Elements mit der Ordnungszahl 104: Kertschatowium.

Lebensdaten zu IGOR WASSILJEWITSCH KURTSCHATOW

1903	am 12. 1. geboren
1912	Umzug der Familie nach Simferopol (Krim)
1920 bis 1923	Studium an der physikalisch-mathematischen Fakultät der Krim-Universität in Simferopol
1925	Beginn der Tätigkeit am Physikalisch-Technischen Institut in Leningrad unter Leitung von A. F. JOFFE
1927	Heirat mit M. D. SINELNIKOWA
1928/29	Entdeckung der Seignettedielektrika

1934	Konzentration auf kernphysikalische Forschungen
1941 bis 1942	Einsatz im militärtechnischen Bereich
1942	November. Beauftragung mit der Leitung der Arbeiten zur Nutzung der Kernenergie durch die Regierung
1943	Wahl zum Akademiemitglied
1943	Gründung des späteren Instituts für Atomenergie „I. W. KURTSCHATOW“ in Moskau
1946	25. 12. Inbetriebnahme des ersten sowjetischen Atommeilers unter Leitung KURTSCHATOWS
1948	August. KURTSCHATOW wird Mitglied der KPdSU
1949	29. 8. Erste sowjetische Atombombenexplosion
1954	27. 6. Inbetriebnahme des ersten Atomkraftwerks der Welt in Obninsk
1956	März. Gründung des Vereinigten Instituts für Kernforschung in Dubna
1957	Auszeichnung mit dem Leninpreis für Wissenschaft und Technik
1958	Auszeichnung mit der Medaille des Weltfriedensrates
1960	am 7. Februar Tod I. W. KURTSCHATOWS

Literaturverzeichnis zu I. W. KURTSCHATOW

- [1] Golowin, I. N.: I. W. Kurtschatow – Wegbereiter der sowjetischen Atomforschung. Urania-Verlag, Leipzig/Jena/Berlin 1976.
- [2] Steenbeck, M.: Impulse und Wirkungen. Verlag der Nation. Berlin 1977.
- [3] Stulz, P.: Schlaglicht Atom. Militärverlag der DDR. Berlin 1973.
- [4] Schreier, W.: Die Begründer der sowjetischen Physik. In: „Physik in der Schule“, Berlin 10 (1972) 12.

PJOTR LEONIDOWITSCH KAPIZA (1894 bis 1984)

P. L. KAPIZA gehörte zu den wenigen universellen Wissenschaftlern unserer heutigen Zeit. Er war auf theoretischem Gebiet ebenso zu Hause wie in der experimentellen Arbeit im Labor. Er war ein geschickter Konstrukteur origineller Maschinen und ein hervorragender Organisator der Wissenschaft. Von JOFFE „entdeckt“ und gefördert, war er „Lieblingsschüler“ RUTHERFORDS und wurde selbst zu einem stimulierenden wissenschaftlichen Lehrer. Sein Spezialgebiet war die Tieftemperaturphysik, aber er hat auf fast allen Gebieten der Physik gearbeitet.

KAPIZA wurde am 9. Juli 1894 in Kronstadt geboren. Sein Vater, Militäringenieur im Range eines Generals, war an der Errichtung der Festung Kronstadt mitbeteiligt. Die Mutter hatte Geschichte studiert, unterhielt eine Art Schriftstellersalon und schrieb für Kinder; begeistert beschäftigte sie sich mit Folklore. Der Erziehung im Elternhaus verdankte KAPIZA sowohl technische als auch musische Interessen.

Nach der 3. Klasse wechselte er vom Gymnasium zur Realschule, weil ihn Naturwissenschaften mehr interessierten als alte Sprachen. Er absolvierte die Schule bis 1912 als Bester und nahm im selben Jahr an der Petersburger Polytechnischen



Hochschule ein Physikstudium auf. Zu seinen Lehrern gehörte u. a. JOFFE (seit 1913 außerordentlicher Professor am Polytechnikum). Der Ausbruch des ersten Weltkrieges unterbrach auch KAPIZAS Studium; er diente als Kraftfahrer in einer Sanitätsabteilung.

Nach der Demobilisierung kehrte KAPIZA an das Polytechnikum zurück. JOFFE bezog den begabten KAPIZA sofort in die experimentelle Arbeit mit ein. Für Forschungsarbeiten benötigte JOFFE dünne Quarzfäden; KAPIZA entwickelte eine neue Ziehmethode. Noch 1916 erschien auch seine erste Veröffentlichung darüber.

Als KAPIZA 1918 sein Studium beendet hatte, übernahm ihn JOFFE in das Institut. Gemeinsam führten sie eine Reihe von Experimenten durch; mit dem späteren Chemie-Nobelpreisträger SEMJONOW entwickelte KAPIZA eine Methode zur Bestimmung des magnetischen Moments von Atomen. Unabhängig davon wurde wenige Monate später von STERN und GERLACH in Frankfurt am Main die gleiche Methode entwickelt, und die günstigeren äußeren Umstände bewirkten, daß diese beiden ihre Versuche erfolgreicher weiterführen konnten. Der Stern-Gerlach-Versuch stellte schließlich den experimentellen Nachweis des Elektronenspins dar.

Die für das Leben und die wissenschaftliche Arbeit schweren und komplizierten Zeiten in den ersten Jahren nach der Oktoberrevolution wurden für KAPIZA besonders bedrückend, als kurz hintereinander seine beiden Kinder und seine junge Frau starben. Nur intensive Arbeit konnte ihn von seiner tragischen Lebenssituation ablenken. JOFFE erkannte dies und verstärkte seine Bemühungen, KAPIZA zu einem Auslandsaufenthalt zu entsenden. Das war zunächst gar nicht so einfach; zwar lagen das Ausreisevisum und auch Einladungen vor, aber die bürgerlichen Staaten wollten keine Einreisevisa erteilen.

Endlich konnten JOFFE und KAPIZA im Juni 1921 nach England fahren. Besonders begeistert war RUTHERFORD zunächst nicht, als JOFFE ihn bat, seinen Schüler in das Cavendish-Laboratorium aufzunehmen, aber das sollte sich sehr schnell ändern: binnen kurzer Zeit war KAPIZA der Lieblingsschüler RUTHERFORDS. Sein Ar-



KAPIZA
in JOFFES
Seminar
(1916)
(links KAPIZA,
daneben
J. I. FRENKEL
und
N. N. SEMJONOW,
rechts
an der Tafel
JOFFE)

beitseifer und seine wissenschaftliche Phantasie wirkten auf alle anregend, und es verwundert nicht, daß ein von ihm organisiertes Seminar – bald als „Kapiza-Klub“ bezeichnet – sich regen Zuspruchs der Wissenschaftler des RUTHERFORDSchen Labors erfreute.

Im Cavendish-Laboratorium war zu jener Zeit das Studium der Alphateilchen das Hauptarbeitsgebiet. KAPIZA versuchte vor allem, den Impuls dieser Teilchen zu bestimmen, und legte dazu 1923 auch erfolgreich seine Habilitationsschrift vor: „Durchgang von Alphateilchen durch ein materielles Medium und Methoden zur Erzielung starker Magnetfelder“. Im selben Jahr erhielt er den Maxwell-Preis der Universität Cambridge. Ein Jahr später wurde er assistierender Direktor im Cavendish-Laboratorium.

Der Teilchenimpuls sollte durch Ablenkung im Magnetfeld bestimmt werden. Mit den zur Verfügung stehenden Elektromagneten konnten etwa 50000 Oe (ca. $4 \cdot 10^6 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$) erzeugt werden; das war für die Messungen jedoch nicht ausreichend. KAPIZA entwickelte ein Solenoid ohne Eisenkern und erreichte mit seiner Konstruktion mehr als 100000 Oe. Unter Anwendung tiefer Temperaturen kam er dann auf 300000 Oe, und schließlich sogar auf 500000 Oe – eine auch heute noch beachtliche Leistung. So führten ihn seine Forschungen zwangsläufig von atomaren Teilchen über starke Magnetfelder zur Physik tiefer Temperaturen.

Da es im Cavendish-Laboratorium noch keine Verflüssigungsanlagen für Wasserstoff und Helium gab (die er ja für seine Tieftemperaturarbeiten benötigte), baute KAPIZA sie sich selbst, wobei er auch hierbei die Methoden wesentlich verbesserte und dadurch eine höhere Ausbeute bei geringeren Kosten als bei bis dahin in anderen Laboratorien arbeitenden Maschinen erreichte. KAPIZAS Heliumverflüssiger kann als Vorstufe für die später industriell gefertigten Anlagen angesehen werden.

KAPIZA hatte sich nun die Aufgabe gestellt, die elektrischen und magnetischen Eigenschaften insbesondere von Metallen bei tiefen Temperaturen zu untersuchen



Gebäude
des Mond-
Laboratoriums
in Cambridge

(u. a. fand er die als Kapizasches Lineargesetz bekannte Beziehung, daß bei fast allen Metallen der Widerstand linear zum Magnetfeld wächst). Ein größeres Laboratorium wurde notwendig. Die Royal Society, die KAPIZA 1929 zu ihrem ordentlichen Mitglied gewählt hatte, stellte dafür einen größeren Geldbetrag aus dem Nachlaß des Chemieindustriellen MOND zur Verfügung. Das nach MOND benannte neue Laboratorium konnte 1933 eröffnet werden, und KAPIZA wurde sein Direktor.

Mehr als 25 wissenschaftliche Arbeiten hat KAPIZA während seiner Zeit in England veröffentlicht. An der Universität Cambridge hielt er Vorlesungen. 1929 hatte ihn die Akademie der Wissenschaften der UdSSR zum korrespondierenden Mitglied gewählt. Alljährlich fuhr er nun in die Sowjetunion, um Vorlesungen zu halten und Urlaub zu machen.

Inzwischen hatte KAPIZA auch wieder geheiratet: ANNA KRYLOWA, die Tochter eines sowjetischen Mathematikers und Schiffsbauingenieurs, mit der er zwei Söhne hat.

Da die Sowjetunion nun alle Kader benötigte, um den Aufbau der sozialistischen Gesellschaft im Lande voranzubringen – 1933 war der 2. Fünfjahrplan in Angriff genommen worden – entschloß sich KAPIZA im Sommer 1934, als er wieder in der Sowjetunion weilte, in der Heimat zu bleiben. Die sowjetische Regierung beschloß sofort, für KAPIZA ein eigenes Institut einzurichten, und bereits im Dezember 1934 wurde er zum Direktor des neu aufzubauenden Instituts für Physikalische Probleme der AdW der UdSSR in Moskau ernannt. Die sowjetische Regierung bemühte sich auch um den Ankauf der Ausrüstung des für KAPIZA eingerichteten Mond-Laboratoriums. „Diese Maschinen können nicht ohne Kapiza und Kapiza nicht ohne diese Maschinen arbeiten“, erklärte RUTHERFORD und überzeugte die Royal Society, der Sowjetunion die Laboreinrichtung zu verkaufen.

Neben der Organisation des Aufbaus seines neuen Instituts konzentrierte sich KAPIZA in seinen wissenschaftlichen Arbeiten zunächst weiter auf die Erforschung



KAPIZA
mit seiner Frau ANNA
und dem Sohn SERGEI
(Cambridge 1929)

der physikalischen Stoffeigenschaften bei tiefen Temperaturen. Dabei verbesserte er ebenfalls die Verflüssigungsanlagen weiter (statt der Kolbenverflüssiger führte er die Expansionsturbine ein), so daß auch ihr großtechnischer Einsatz effektiver wurde (z. B. in der metallurgischen und chemischen Industrie). Andererseits konnten dadurch die Möglichkeiten der Tieftemperaturforschung beträchtlich erweitert werden, und dies führte ihn schließlich 1937 zur Entdeckung der Superfluidität beim Helium II. LANDAU, damals Mitarbeiter in KAPIZAS Institut, konnte diese Entdeckung bald darauf quantentheoretisch erklären (wofür er 1962 den Nobelpreis erhielt). Weitere Phänomene, die sich aus LANDAUS Theorie ergaben, konnten experimentell bestätigt werden. Für seine Forschungen zur Tieftemperaturphysik, insbesondere zum Helium II, erhielt KAPIZA den Physik-Nobelpreis 1978.

Die Ereignisse des zweiten Weltkriegs bedingten 1941 eine Verlegung des Instituts nach Kasan. Die Arbeiten konzentrierten sich jetzt insbesondere auf technisch leistungsfähige Gasverflüssiger vor allem für Sauerstoff, der für metallurgische Prozesse benötigt wurde. 1945 wurde KAPIZA für diese Arbeiten als „Held der sozialistischen Arbeit“ ausgezeichnet.

Als sich die Sowjetregierung im Sommer 1942 unter dem Druck der Kriegsergebnisse entschloß, die Entwicklung einer Kernwaffe aufzunehmen, gehörten JOFFE, KAPIZA und KURTSCHATOW zu dem kleinen Kreis von Wissenschaftlern, die an entsprechenden beratenden Gesprächen teilnahmen. Als geeigneten wissenschaftlichen Leiter einigte man sich dann – vor allem auch wegen seiner organisatorischen Fähigkeiten für solch ein Großprojekt – auf KURTSCHATOW (denn KAPIZA „...macht gewöhnlich alles selbst“ [3; S. 746]). So kam es, daß KAPIZA an den Arbeiten zum sogenannten „Uran-Problem“ nicht direkt beteiligt war.

Diese und andere Gründe trugen jedoch dazu bei, daß er wegen „mangelhaften“ Arbeits- und Leitungsstils Ende der vierziger Jahre verleumdet wurde (vgl. [8; S. 93f.]). Er wurde als Institutsdirektor abgelöst. Man ernannte ihn zum Professor am damals neugegründeten Physikalisch-technischen Institut in Moskau, aber



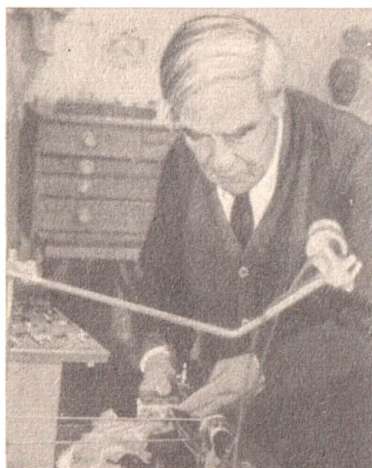
KAPIZA
und KURTSCHATOW
im Gespräch

1950 mußte er auch diese Stelle verlassen. Seine Arbeitskraft konnte dies alles jedoch nicht brechen. Auf seiner Datsche bei Moskau hatte er sich ein kleines Labor eingerichtet und beschäftigte sich hier zurückgezogen u. a. mit Fragen der Elektronik großer Leistungen und mit der Natur des Kugelblitzes.

Im Jahre 1955 wurde KAPIZA wieder Direktor des Instituts für physikalische Probleme und übernahm 1956 auch wieder seine Professur am Lehrstuhl für tiefe Temperaturen der Moskauer Universität. Seine inzwischen durchgeführten elektronischen Arbeiten verband er mit Problemen der Energietechnik und kam auf diesem Wege schließlich zu Forschungsarbeiten zur Plasmaphysik. Noch kurz vor KURTSCHATOWS Tod hatten beide über thermonukleare Arbeiten beraten. So entwickelte KAPIZA in den sechziger Jahren das Konzept eines thermonuklearen Reaktors mit einem im hochfrequenten magnetischen Feld frei schwebenden Plasmafaden.

Die vielen ihm zuteil gewordenen in- und ausländischen Ehrungen können hier nicht aufgezählt werden (u. a. ist er Ehrendoktor der Technischen Universität Dresden). Auch in der Pugwash-Bewegung war er aktiv.

Noch im hohen Alter war KAPIZA aktiv und schöpferisch in seinem Institut tätig. Viele sowjetische Physiker zählen sich heute zu seinen Schülern. KAPIZA war „...absolut davon überzeugt, daß die wichtigsten Entdeckungen in der Wissenschaft diejenigen sind, die sich nicht voraussagen lassen“.[2] Dabei sind Theorie und Experiment für ihn untrennbar verbunden, aber dem Experiment räumt er – auch aus historischer Sicht – die Priorität ein, denn: „Eine Theorie – das ist eine gute Sache, aber ein ordentliches Experiment bleibt einem für immer.“ [5; S. 163] Deshalb experimentierte er auch selbst so gern und ließ sich dabei nur wenig helfen, denn seine Devise war: „Mit fremden Händen“ kann man keine gute Arbeit leisten. Außerdem beruhe die gute Leistung eines wissenschaftlichen Kollektivs auf der Vorbildwirkung des wissenschaftlichen Leiters (vgl. [5; S. 348f.]) – und KAPIZA ist eines der besten Beispiele dafür. Wenige Monate vor Vollendung seines 90. Lebensjahres verstarb er am 8. April 1984 in Moskau.



KAPIZA
bei fein-
mechanischer
Arbeit
an der
Drehmaschine

Karikatur
KAPIZAS

Lebensdaten zu PJOTR LEONIDOWITSCH KAPIZA

1894	am 9. Juli in Kronstadt geboren
1912	Beginn des Physikstudiums an der Petersburger Polytechnischen Hochschule, u. a. bei JOFFE
1921	Schüler RUTHERFORDS in Cambridge (England)
1923	Habilitation. Experimente mit superstarken Magnetfeldern
1929	Lineargesetz von Kapiza
1929	Mitglied der Royal Society London korrespondierendes Mitglied der AdW der UdSSR (1963 ordentliches Mitglied)
1930	Direktor des Mond-Laboratoriums in Cambridge
1934	Rückkehr in die Sowjetunion: Direktor des Instituts für physikalische Probleme
1937	Entdeckung der Superfluidität; Arbeiten an technischen Gasverflüssigern
1939	Professor für Tieftemperaturphysik an der Moskauer Universität
nach 1950	Arbeiten zur Hochleistungselektronik und Plasmaphysik
1978	Nobelpreis für Physik
1984	am 8. April in Moskau gestorben

Literaturverzeichnis zu PJOTR LEONIDOWITSCH KAPIZA

- [1] Borowik-Romanow, A. S.: Laureaty nobelewskoj premii 1978 goda. Po fizike – P. L. Kapiza: Priroda (Moskwa) (1979) 1, S. 93 bis 96.
- [2] Dobrowolski, E. N.: Potscherk Kapizy; Isdatelstwo Sowjetskaja Rossija, Moskwa 1968.
- [3] Fainbäum, I.: Pjotr Kapiza. Ideen des exakten Wissens. Stuttgart 1972, S. 743 bis 749.
- [4] Hoffmann, D.: Pjotr Leonidowitsch Kapiza. In: „Physik in der Schule“, Berlin 16 (1978) 12, S. 497 bis 501.
- [5] Kapica, P. L.: Experiment, Theorie, Praxis – Aufsätze und Reden. Akademie-Verlag, Berlin 1984.

- [6] Collected Papers of P. L. Kapiza. Ed. by D. ter Haar, 2 vol. Pergamon Press, Oxford, London usw. 1964.
- [7] Kedrow, F.: Ein Leben für die Physik. Wissenschaft in der UdSSR (Moskau) (1983) 1, S. 34 bis 47 (deutsche Ausgabe).
- [8] Kedrow, F.: Kapiza – Shisn i otkrytija. Isdatelstwo Moskowski rabotschi, Moskwa 1979.
- [9] Lifschiz, E. M.: Roshdenije fiziki kwantowych shidkostej. Priroda (Moskwa) (1979) 1, S. 93 bis 96.
- [10] Manswetowa, G. P.: Petr Leonidowitsch Kapiza; Fizika w schkole (Moskwa) (1979) 1, S. 15 bis 19.

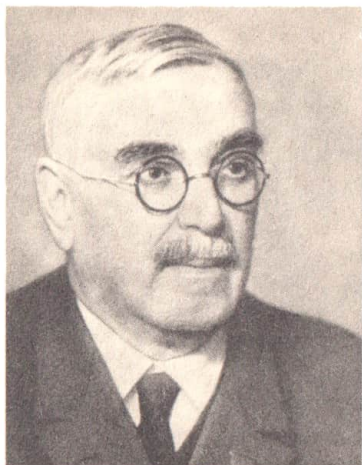
WLADIMIR ALEKSANDROWITSCH FOK (1898 bis 1974) und IGOR JEWGENJEWITSCH TAMM (1895 bis 1971)

Die theoretische Physik hatte im Rußland vor der Oktoberrevolution kaum eine Heimstatt. Erst EHRENFEST, der in Rußland keine Universitätsanstellung fand und deshalb 1912 einem Ruf nach Leiden folgte, war es gelungen, in Petersburg ein theoretisches Seminar zu begründen (vgl. z. B. [5, 8]). Einer der Teilnehmer dieses Seminars, sein Freund A. F. JOFFE, förderte trotz großer Schwierigkeiten in den ersten Jahren der Sowjetmacht stets auch die theoretische Physik, ihre bedeutende Rolle für die Gesamtentwicklung der Physik und der Wissenschaften erkennend.

Zu der sich herausbildenden ersten Generation junger sowjetischer theoretischer Physiker – deren Leistungen wiederum beispielsweise auch EHRENFEST hoch einschätzte – gehörten u. a. FOK und TAMM, die selbst Schulen bildeten und mit den Grundstein legten für die heute international anerkannten hervorragenden Leistungen sowjetischer Theoretiker. In den Lebensläufen beider spiegeln sich so die wichtigsten Etappen der Entwicklung der theoretischen Physik in der Sowjetunion wider. Während FOK aus der Leningrader Schule um JOFFE und ROSHDESTWENSKI hervorging, ist TAMM ein Schüler MANDELSTAMS, der in Moskau junge hoffnungsvolle Physiker um sich versammelte. JOFFE, ROSHDESTWENSKI und MANDELSTAM hatten ihrerseits ihre physikalische Ausbildung im wesentlichen in Deutschland kurz nach der Jahrhundertwende erhalten und waren damit auch theoretisch gut geschult.

WLADIMIR ALEKSANDROWITSCH FOK (deutsch auch FOCK) wurde am 22. Dezember 1898 in Petersburg in der Familie eines Vermessungsingenieurs und Forstinspektors geboren. Nach Beendigung des Schulbesuches wurde er 1916 als Soldat an die Front geschickt. Im Jahre 1918 nahm FOK sein Studium an der Physikalisch-Mathematischen Fakultät der Petrograder Universität auf. Als einer der besten Studenten konnte er ab 1919 zugleich als eine Art „Stipendiat“ am Staatlichen Optischen Institut von Petrograd unter Leitung des bedeutenden sowjetischen Physikers D. S. ROSHDESTWENSKI arbeiten.

Nachdem FOK 1922 sein Studium beendet hatte, wurde er Aspirant an der Leningrader Universität. Zugleich arbeitete er am Optischen Institut weiter und auch zeitweilig am geophysikalischen Observatorium. 1924 wurde er Dozent.



Bereits in seinen ersten Arbeiten offenbarte er ein tiefes theoretisches Verständnis physikalischer Zusammenhänge. Seine virtuose Beherrschung des mathematischen Apparates half ihm, originelle Lösungswege für komplizierte physikalische Probleme zu finden. EHRENFEST sagte in seiner drastischen Art von ihm: „Fok kann einen Stiefel ausrechnen.“ [11; S. 375] Dabei kam es Fok jedoch stets auf den physikalischen Inhalt an – die Mathematik war ihm „Mittel zum Zweck“.

An der Entwicklung der Quantenmechanik hatten sowjetische Physiker in jener Zeit nur geringen Anteil – einer der wenigen war FOK. Die ersten Arbeiten Foks zur Quantenmechanik betrafen eine Verallgemeinerung der Schrödinger-Gleichung auf das Magnetfeld (1926) und die relativistische Beschreibung eines geladenen Teilchens im elektromagnetischen Feld, die sogenannte Klein-Gordon-Fok-Gleichung (1926).

Ein Aufenthalt in Göttingen und Paris (1927/1928) förderte vor allem seine mathematisch-physikalischen Fähigkeiten. Um 1930 gelang Fok durch die Einführung des heute sogenannten Fok-Raumes (die Summe der Hilbert-Räume für n Teilchen) eine mathematisch konsistente Behandlung der Feldquantelung, wodurch ein Zusammenhang zwischen der Quantenfeldtheorie und der Quantenmechanik des n -Teilchen-Problems hergestellt werden konnte. Die Hartree-Fok-Methode als quantenmechanisches Näherungsverfahren zur Bestimmung der Wellenfunktionen mehrerer Teilchen findet heute ihren Anwendungsbereich von der Kernphysik bis zur Quantenchemie.

Eine besondere Stärke Foks bestand in der geometrischen Betrachtung. So gelang ihm die Geometrisierung der Dirac-Gleichung; er erarbeitete die geometrische Theorie des Wasserstoffatoms unter Ausnutzung der Gruppentheorie. Seine Betrachtungen zur Theorie von Raum, Zeit und Gravitation führten ihn zu einer Deutung der Einsteinschen Gravitationstheorie als geometrischer Gravitationstheorie. Auf die Vielfalt der Beiträge Foks zur Allgemeinen Relativitätstheorie, Quanten- und Quantenfeldtheorie sowie Elastizitätstheorie und Theorie elektromagnetischer



IGOR JEWGENJOWITSCH TAMM

Wellen sei hier nur aufmerksam gemacht. Verschiedene Methoden und Begriffe sind mit seinem Namen verbunden. Die Probleme quantenmechanischer Zufallsprozesse regten ihn auch zum Nachdenken über philosophische Fragestellungen an.

1932 wurde Fok an der Leningrader Universität zum Professor für theoretische Physik berufen. Daneben wirkte er zugleich am Physikalisch-Technischen und am Staatlichen Optischen Institut. Im Jahre 1939 wurde er Akademiemitglied und ab 1954 war er auch am Institut für Physikalische Probleme der Akademie der Wissenschaften der UdSSR tätig. 1932 erschien sein grundlegendes Lehrbuch der Quantenmechanik (eines der ersten überhaupt); seine bedeutende Monographie über die „Theorie von Raum, Zeit und Gravitation“ liegt auch in deutscher Sprache vor.

Foks Arbeiten fanden internationale Anerkennung. So wurde er Mitglied der Wissenschaftlichen Akademien von Norwegen, Dänemark und der DDR sowie Ehrendoktor der Universitäten von Neu Dehli, Michigan und Leipzig.[2]

Eine ähnlich umfangreiche Liste von Ehrungen ließe sich ebenfalls für TAMM angeben – besonders hervorzuheben ist hier jedoch die Verleihung des Nobelpreises für Physik 1958 (gemeinsam mit I. M. FRANK und P. A. TSCHERENKOW) für die theoretische Erklärung des Tscherenkow-Effekts. Aber auch TAMMS Arbeiten erfassen das gesamte Gebiet der theoretischen Physik.

IGOR JEWGENJEWITSCH TAMM wurde am 8. Juli 1895 in Wladiwostok als Sohn eines Städtebau-Ingenieurs geboren. Die Familie siedelte bald nach Elisawetgrad (heute Kirowograd) in der Ukraine über. Nachdem er 1913 das Gymnasium beendet hatte, studierte er ein Jahr in Edinburgh, setzte aber 1914 sein Studium an der physikalisch-mathematischen Fakultät der Moskauer Universität fort. Schon während dieser Zeit war er auch politisch aktiv und wurde z. B. als Delegierter des I. Sowjetkongresses von Elisawetgrad gewählt.

Nachdem TAMM 1918 sein Studium beendet hatte, ging er zunächst als Assistent

an die Krim-Universität in Simferopol und ab 1921 an die Universität von Odessa. Dort wirkte damals MANDELSTAM als Ordinarius. Als MANDELSTAM 1922 nach Moskau berufen wurde, folgte ihm TAMM; 1924 wurde er hier Professor für Theoretische Physik. Ab 1934 leitete er auch die theoretische Abteilung des Physikalischen Instituts der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

Seit 1933 war er korrespondierendes Akademiemitglied, 1953 wurde er zum ordentlichen Mitglied gewählt.

Wie FOK verdankte auch TAMM viel der Unterstützung durch EHRENFEST und JOFFE. 1926 weilte TAMM zu einem Studienaufenthalt in Leiden. Dort lernte er u. a. DIRAC kennen, den er in den darauffolgenden Jahren zweimal in Cambridge/England zu gemeinsamer Arbeit besuchte.

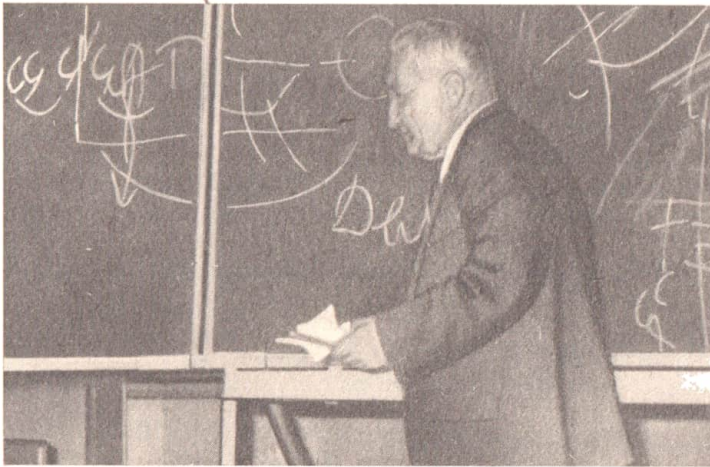
In seinen ersten Arbeiten beschäftigte sich TAMM mit der Elektrodynamik anisotroper Stoffe und Kristalloptik. Seine erste größere Arbeit aus dem Jahre 1930 behandelte die Quantentheorie der Lichtstreuung in Kristallen, wobei er den Begriff der Photonen einführte. Im selben Jahr gab er eine vollständige Ableitung der Klein-Nishina-Formel der Lichtstreuung an Elektronen. 1931/1932 befaßte er sich eingehend mit der quantenmechanischen Beschreibung der Metalle und diskutierte z. B. den Photoeffekt in Metallen sowie die Oberflächenzustände am Festkörper.

Als sich TAMM 1934 mit FERMIS Arbeiten zum Betazerfall befaßte, erarbeitete er eine erste Theorie der Kernwechselwirkungskräfte, die davon ausging, daß der Proton-Neutron-Wechselwirkung ein Elektron-Neutrino-Austausch zugrunde liegt.

Im Physikalischen Institut der Akademie untersuchte damals TSCHERENKOW die Lumineszenz von Uransalzen. (PAWEL ALEKSEJEWITSCH TSCHERENKOW, am 28. 7. 1904 in Nowa Tschigla geboren, hatte in Woronesh studiert und war seit 1930 Mitarbeiter des Physikalischen Instituts unter WAWILOW.) Dabei fand er neben der Lumineszenz ein zusätzliches schwaches Leuchten, das sich bei weiterer Analyse als elektromagnetische Strahlung schnell bewegter geladener Teilchen herausstellte. 1937 konnte TAMM gemeinsam mit I. M. FRANK eine Theorie dieses Effektes aus der Sicht der klassischen elektromagnetischen Theorie aufstellen. Die quantentheoretische Deutung lieferte 1940 GINSBURG. Die sog. Tscherenkow-Strahlung gewann in der Folgezeit außerordentliche Bedeutung für den Nachweis schnell bewegter, geladener Teilchen.

Ende der vierziger Jahre begann sich TAMM mit Fragen der thermonuklearen Synthese zu beschäftigen. Mit seinen Mitarbeitern konnte er 1950 theoretisch die magnetische Plasmaeinschließung erläutern. „Tamm sagte, die Methoden, die die Nutzung der thermonuklearen Energie ermöglichen, seien im Prinzip jetzt klar. Es sei aber schwer einzuschätzen, wieviel Zeit, Arbeit und Erfindungsgeist erforderlich seien, um die großen Schwierigkeiten zu überwinden, die der Verwirklichung dieser Prinzipien im Wege stünden.“ [1; S. 43]

In den sechziger Jahren beschäftigten TAMM Fragen der Elementarteilchenphysik und die Schaffung einer universellen Quantentheorie, die auch die Erklärung aller Aspekte hochenergetischer Erscheinungen einschließt. „Ich träume nur davon, daß – wenn eine solche Universaltheorie entstanden ist – ich imstande wäre, sie zu begreifen“, ist ein oft zitierter Ausspruch von ihm.



TAMM
bei einer
Vorlesung

Leider erlebte er dies nicht mehr. Eine Zwerchfellähmung fesselte ihn in den letzten drei Lebensjahren an eine künstliche Lunge – was ihn aber nicht an weiterer wissenschaftlicher Arbeit hinderte. Am 12. April 1971 verstarb er.

TAMM war nicht nur ein genialer Wissenschaftler, der praktisch auf allen Gebieten der theoretischen Physik zu Hause war, sondern verfügte auch über eine ungewöhnliche Allgemeinbildung, die es ihm ermöglichte, über allen Themen anregend zu diskutieren. Viele Anekdoten gibt es jedoch darüber, daß es ihm sehr an praktischen Fähigkeiten für das tägliche Leben fehlte. Erholung suchte er vor allem beim Bergsteigen.

Lebensdaten zu WLADIMIR ALEKSANDROWITSCH FOK

1898	am 22. Dezember in Petersburg geboren
1918	Studienbeginn an der Petrograder Universität
1919	Mitarbeiter am Staatlichen Optischen Institut in Petrograd
1924	Dozent an der Leningrader Universität
1927/28	Aufenthalt in Göttingen und Paris
1930	Professor für theoretische Physik in Leningrad
1936	Mendelejew-Preis der AdW der UdSSR für seine quantentheoretischen Arbeiten
1939	Mitglied der AdW der UdSSR (seit 1932 korr. Mitglied)
1944	Medaille für die Verteidigung Leningrads
1946	Staatspreis der UdSSR
1954	Mitarbeiter am Institut für physikalische Probleme der AdW der UdSSR
1974	am 27. Dezember in Leningrad gestorben

Lebensdaten zu IGOR JEWGENJEWITSCH TAMM

1895	am 8. Juli in Wladiwostok geboren
1913	Studium in Edinburgh, später Moskau
1917	Delegierter des I. Sowjetkongresses
1919	Assistent in Simferopol, später Odessa
1923	Moskauer Universität, ab 1930 Professor für theoretische Physik
1934	Leiter der theoretischen Abteilung des Lebedew-Instituts der AdW der UdSSR
1943	zugleich Leiter des Lehrstuhls für theoretische Physik am Moskauer Ingenieurphysikalischen Institut
1946	Staatspreis
1953	Mitglied der AdW der UdSSR (seit 1933 koordiniert)
1958	Nobelpreis für Physik (gemeinsam mit I. M. FRANK und P. A. TSCHERENKOW)
1972	am 12. April in Moskau gestorben

Literaturverzeichnis zu FOK und TAMM

- [1] Fainboim, J.: Igor Tamm – Lebensbild eines Physikers. In: *exakt*, Stuttgart (1975) 2, S. 39 bis 43.
- [2] Fok, Wladimir Alexandrowitsch: Die Stellung des Copernicanischen Systems im Ideenkreis der Einsteinschen Gravitationstheorie. *Leipziger Universitätsreden*, Neue Folge, Heft 36, Karl-Marx-Universität Leipzig 1974 (darin auch Laudatio anlässlich der Ehrenpromotion am 5. 5. 1973).
- [3] Ginsburg, W. A.; E. L. Feinberg: Igor Ewgenewitsch Tamm. *Materialy k biobibliografii utschennyh SSSR, Seria fiziki*, wyp. 9; *Isdatelstwo akademii nauk SSSR*, Moskwa 1959.
- [4] Ginsburg, W. A.: Ob Iгоре Ewgenewitsche Tamme. *Priroda* (Moskwa) 64 (1975) 3, S. 65 bis 71.
- [5] Kant, H.: Genialer Kritiker und beliebter Diskussionspartner – Paul Ehrenfest und die Physik des 20. Jahrhunderts. In: „Physik in der Schule“, (Berlin) 18 (1980) 3, S. 81 bis 87.
- [6] Kedrow, F.: Zepnaja reakzija idej. *Isdatelstwo Snanije*, Moskwa 1975 (darin über Tamm S. 167 bis 169).
- [7] Smirnowa, W. I.: Wladimir Aleksandrowitsch Fok. *Materialy k biobibliografii utschennyh SSSR, Serija fiziki*; wyp. 7; *Isdatelstwo akademii nauk SSSR*, Moskwa 1956.
- [8] Tamm, I. E.: Teoretitscheskaja fizika. In: *Oktjabr i nauchny progress tom 1*; *Isd. Agentstwa Petschati Nowosti*, Moskwa 1967, S. 167 bis 176.
- [9] Tamm, I. E.: Sobranije nauchnyh trudow w dwuch tomach. *Isdatelstwo Nauka*, Moskwa 1975.
- [10] Wesselow, M. G. et al.: Wladimir Aleksandrowitsch Fok (k schestidesjatiletiju so dnja roshdenija); *Uspechi fisitscheskich nauk* (Moskwa) 66 (1958) 4, S. 695 bis 699.
- [11] Wesselow, M. G. et al.: Pamjati Wladimira Aleksandrowitscha Foka. In: *Uspechi fisitscheskich nauk* (Moskwa) 117 (1975) 2; S. 374 bis 376.

5. Zur Entwicklung der Physik in der DDR

Die Situation der Wissenschaften, insbesondere der Physik, nach der Zerschlagung des Faschismus

Der Faschismus hatte der deutschen Wissenschaft und damit auch der Physik in personeller und materieller Hinsicht ungeheuren Schaden zugefügt. Durch die Rasengesetze der Nazimachthaber und den Terror, der gegen alle Andersdenkenden einsetzte, waren viele namhafte Wissenschaftler, unter ihnen Physiker von Weltruf wie BETHE, BORN, EINSTEIN, FRANCK, HEITLER, LONDON, MEITNER, v. NEUMANN, STERN, WIGNER, zur Emigration gezwungen worden, was einen nicht ausgleichbaren Verlust bedeutete.

In den letzten Kriegswochen und danach wanderten noch weitere Wissenschaftler infolge der faschistischen Greuelpropaganda und der Bindung an Konzerne in die westlichen Teile Deutschlands ab. Außerdem wurden Wissenschaftler aus den bis Juli 1945 von der US-Armee besetzten Gebieten der sowjetischen Besatzungszone, so von den Universitäten Jena, Leipzig, Halle und aus dem Forschungsbereich des Carl-Zeiss-Werkes, von den Amerikanern zeitweise in Heidenheim (Württemberg) bzw. Nieder-Roden (Hessen) interniert und unersetzbare Bestände moderner physikalischer Literatur abtransportiert. So war die Anzahl der Wissenschaftler in den wissenschaftlichen Einrichtungen oft auf weniger als die Hälfte zusammengeschmolzen.

Äußerst schlecht war auch die materielle Lage für eine Wissenschaft wie die Physik, die auf vielen Gebieten für eine erfolgreiche Tätigkeit technisch gut eingerichtete Laboratorien benötigt. Viele der physikalischen Institute waren 1945 meist völlig zerstört oder verlagert. Letzteres kam oft genug einer Zerstörung gleich, weil dabei der Bestand an wissenschaftlichen Geräten verloren ging. Auf dem Gebiet der heutigen DDR waren die physikalischen Institute der Universitäten Berlin und Leipzig, vormalig zu den bedeutendsten und größten in Deutschland gehörend, sowie das der Technischen Hochschule Dresden nahezu vollständig vernichtet. Die Institute an den Universitäten Jena, Halle und Rostock waren teilweise zerstört,

und nur Greifswald, eine der kleineren Einrichtungen, war für Forschung und Lehre erhalten geblieben. Die Forschungseinrichtungen der Industrie, der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG) und staatliche Forschungsstätten waren zum Teil noch während der letzten Kriegsmonate in die westlichen Teile Deutschlands verlagert worden.

Nach Kriegsende wurden entsprechend den Festlegungen der Alliierten physikalische Forschungseinrichtungen, in denen für die Rüstung gearbeitet worden war, vernichtet oder demontiert. Das Kontrollratsgesetz Nr. 25 vom 13. Mai 1946 stellte alle Forschung unter Kontrolle und verbot solche, die in der faschistischen Zeit in erster Linie militärischen Zwecken oder Zielen des Rassismus gedient hatte. Dies betraf vor allem die Naturwissenschaften und die Medizin. Auf dem Gebiet der Physik wurde u. a. bis Mitte der 50er Jahre die Forschung in Bereichen der Atomphysik und der Elektronik stark eingeschränkt.

Einen Weg aus dieser schier unüberwindlichen Situation wies die Kommunistische Partei Deutschlands in ihrem Aktionsprogramm vom 11. Juni 1945 und in den Ausführungen auf der ersten Kulturkonferenz der KPD im Februar 1946. Sie bot auch der bürgerlichen Intelligenz ihr Bündnis an, wenn diese bereit war, sich an der demokratischen Neugestaltung zu beteiligen. Damit begann ein komplizierter, langer und nicht rückschlagfreier, aber insgesamt erfolgreicher Prozeß, bürgerliche Wissenschaftler für den Aufbau einer neuen Gesellschaftsordnung zu gewinnen. Indem alle Bildungsprivilegien beseitigt wurden und die Arbeiter- und Bauernkinder über die Vorstudienanstalten und späteren Arbeiter-und-Bauern-Fakultäten Zugang zu den höheren Bildungseinrichtungen erhielten; wurde gleichzeitig die Grundlage für die Herausbildung einer neuen Intelligenz geschaffen.

Zum Neuaufbau der Lehre und Forschung in der Physik

Der Befehl Nr. 40 des obersten Chefs der sowjetischen Militäradministration in Deutschland (SMAD) vom 4. September 1945 forderte, daß alle Vorarbeiten für die Neueröffnung der Universitäten, Hochschulen und wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen zu leisten sind. Wichtige Vorarbeiten vor Wiederaufnahme des Lehrbetriebes waren vor allem die konsequente Entnazifizierung des Lehrkörpers, die Erfassung des materiellen Zustands der Einrichtungen und die Diskussion einer den künftigen Aufgaben anpassungsfähigen Struktur des Hochschulunterrichts. Tätigkeiten, die den Universitäten in dieser Zeit eingeräumt wurden, dienten in erster Linie der Sicherung der Existenz der vorhandenen Wissenschaftler und Einrichtungen. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch die frühzeitige Wiedereröffnung der Universität Jena am 15. Oktober 1945 zu betrachten.

„Von einer geregelten akademischen Unterrichtstätigkeit konnte keine Rede sein und sollte es auch nicht, da die Grundprobleme nicht ausdiskutiert, die Lehrkörper nicht komplett und keine Studenten zugelassen waren“, schrieb hierzu der Physiker ROMPE, der ab September 1945 als Leiter der Hauptabteilung Hochschulen und



Großer Physikhörsaal
an der
Technischen Hochschule
Dresden
während einer Vorlesung
in den
frühen fünfziger Jahren

wissenschaftliche Institutionen der Deutschen Zentralverwaltung für Volksbildung (Präsident WANDEL) gemeinsam mit anderen antifaschistischen Wissenschaftlern tätig war und die Entwicklung der Physik in der DDR von Anfang an entscheidend mitgeprägt hat. [1; S. 10]

Die Universitäten Berlin, Halle, Leipzig, Greifswald, Rostock und der Bergakademie Freiberg wurden in der Zeit vom 20. Januar bis 25. Februar 1946 wieder eröffnet. Wegen der großen Zerstörungen folgte die Technische Universität Dresden erst am 1. Oktober 1946. In den Jahren bis zur Gründung der DDR stand fast ausschließlich die Lehre im Vordergrund der Tätigkeit der Universitäten und Hochschulen, oft beginnend mit dem Wiederaufbau der Lehrinrichtungen.

Zu den wichtigsten Aufgaben gehörte die Ausbildung von Lehrern, die Schaffung von Lehrplänen und die Erarbeitung von Lehrbüchern. Gleichzeitig unternahm man große Anstrengungen, um die materiell-technischen Voraussetzungen für die Wiederaufnahme der Forschung zu schaffen. Die schwierige Lage kennzeichnen einige Bemerkungen von RECKNAGEL, der 1948 das Physikalische Institut der Technischen Universität Dresden übernahm. Er stellte fest, daß keine für die physikalische Forschung notwendigen wissenschaftlichen Geräte erhalten geblieben waren und daß „die ganze Institutsbibliothek im Abzugsschrank eines chemischen Laboratoriums Platz fand“. [2; S. 26] Anfang der 50er Jahre begann die physikalische Forschung an den Universitäten und Hochschulen wieder größeres Gewicht zu erlangen. Es war gelungen, die Lehrstühle mit bewährten Physikern zu besetzen. Einige von ihnen waren EDER, MÖGLICH, RITSCHL, ROMPE (Universität Berlin), FALKENHAGEN, KUNZE (Universität Rostock), MESSERSCHMIDT, MÖNCH (Universität Halle), BUCHWALD, ECKARDT, SCHÜTZ (Universität Jena), SEELIGER (Universität Greifswald), ILBERG, KOCKEL (Universität Leipzig), RECKNAGEL, STASIW (Technische Hochschule Dresden).

Viele Industriephysiker fanden in den ersten Nachkriegsjahren eine fachbezogene Betätigung in den Forschungslaboratorien des wissenschaftlich-technischen



Feierliche Sitzung zur Eröffnung der Deutschen Akademie der Wissenschaften am 1. August 1946 im Deutschen Theater in Berlin. Mit Amtskette der Präsident der Akademie und Rektor der Berliner Universität, Prof. Dr. JOHANNES STROUX

Büros der SMAD und in denen der neu geschaffenen Sowjetischen Aktiengesellschaften (SAG). Hier wurden oft in sehr kurzer Zeit, u. a. auf dem Gebiet des Gerätebaus und der Elektronik, Anlagen entwickelt, die wissenschaftlich-technischen Höchststand verkörperten. Eine der leistungsfähigsten Einrichtungen war das im Sommer 1945 auf Befehl der SMAD im früheren Röhrenwerk der AEG in Berlin gebildete „Laboratorium, Konstruktions- und Versuchswerk Oberschöneweide“, dessen Belegschaft innerhalb eines Jahres auf 2000 Mitarbeiter anwuchs. Die überwiegend aus Physikern bestehende Forschergruppe stellte eine einzigartige Konzentration von Wissenschaftlern der ehemaligen Berliner Elektroindustrie dar. Daraus entstand im Herbst 1946 das Oberspreewerk, dessen Nachfolger das bekannte Werk für Fernseh elektronik ist. Ein Teil der Mitarbeiter ging zu dieser Zeit für einen längeren Einsatz in die Sowjetunion oder in die neugeschaffenen physikalischen Institute der Akademie. Anfang der 50er Jahre arbeiteten viele der Wissenschaftler, die nach dem Krieg eine Beschäftigung in den SAGs gefunden hatten, an physikalischen Problemen zur Verbesserung und Erweiterung der Produktion in den volkseigenen Betrieben der jungen DDR. Schwerpunkte waren die optische Industrie, die Metallurgie der Eisen- und Nichteisenmetalle und ihrer Legierungen, die Maschinenbauindustrie, die Nachrichten- und Elektrotechnik und Probleme der Energieübertragung.

Eine grundlegende Neuorientierung erhielt die am 1. August 1946 als Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin (DAdW) wiedereröffnete Nachfolgerin der Preußischen Akademie der Wissenschaften. Im Gegensatz zu ihrer Vorgängerin, einer Gelehrten-gesellschaft mit kaum nennenswertem eigenem Forschungspotential, wurden von Anfang an durch Angliederung vorhandener Forschungsstätten, und später durch Neugründung, die Voraussetzungen für eine starke Forschungseinrichtung geschaffen. Damit wurde nach 250 Jahren die Forderung ihres Gründers, LEIBNIZ, „theoriam cum praxi“ zu vereinigen, umfassend verwirklicht.

Hervorgegangen aus ehemaligen Staats- und Reichsinstituten und teils neu er-

richtet, verfügte die DAdW 1951 über folgende physikalische Forschungsstätten, an deren Spitze hervorragende Physiker standen:

Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung, Berlin-Adlershof:	HACHENBERG
Laboratorium für Gasentladungsphysik, Greifswald:	SEELIGER
Institut für Festkörperforschung, Berlin-Buch:	MÖGLICH
Laboratorium für Festkörperforschung, Berlin-Adlershof:	STASIW
Optisches Laboratorium, Berlin-Adlershof:	LAU
Institut für Strahlungsquellen, Berlin:	ROMPE
Institut für physikalische Hydrographie, Berlin-Friedrichshagen:	ERTEL

Einige spezielle physikalische Probleme wurden an anderen Akademie-Instituten, wie z. B. am Astrophysikalischen Observatorium Potsdam und am Institut für Medizin und Biologie in Berlin-Buch, bearbeitet.

Zur Planung der physikalischen Forschung

Der Aufbau der neuen Gesellschaftsordnung machte es sehr bald erforderlich, daß die Wissenschaftler die Forschung stärker auf ihre gesellschaftliche Wirksamkeit ausrichteten. Der Akademie war, entsprechend ihrer neuen Aufgabenstellung, von Anfang an eine Schlüsselrolle in diesem Prozeß zugedacht. Die Anforderungen des ersten Fünfjahrplans an die Akademie veranlaßten die Physiker HACHENBERG, MÖGLICH, ROMPE und SEELIGER, 1952 eine Denkschrift an den Präsidenten der DAdW zu richten, in der sie sich vor allem für die im vollen Fluß der Entwicklung befindlichen Gebiete der Physik einsetzen und betonen, daß „gerade diese Gebiete, die zumeist industriell noch bei weitem nicht vollständig erfaßt sind, für die an den Forschungs- und Entwicklungsstellen der Industrie der DDR noch kein Platz gefunden werden kann, der fürsorglichen Pflege der höchsten wissenschaftlichen Institution der DDR, der DAdW, bedürfen“. [3; S. 2] Als Schwerpunktgebiete führten sie, unter Betonung der Reihenfolge entsprechend ihrer Bedeutung, Kernphysik, Festkörperphysik, Plasmaphysik, Molekularphysik/Spektroskopie, Elektronik und Schwingungsforschung auf. Weiter hoben sie hervor: „Es ist klar, daß die vollständige Bearbeitung aller dieser Gebiete nur in den in der Physik stärksten Ländern, der UdSSR und den USA, möglich ist. Der Gesichtspunkt, nach welchem diese Teilauswahl für uns in der DDR erfolgen muß, ist unserer Ansicht nach vollständig durch den Wirtschaftsplan gegeben: je besser wir die Erfüllung des Planes durch geeignete Bevorzugung der für den Plan erforderlichen Gebiete unterstützen, desto schneller werden wir instande gesetzt, in der Zukunft neue Gebiete in Angriff zu nehmen. Dabei müssen wir jedoch unbedingt den Gesichtspunkt beachten, daß eine Neuaufnahme von Gebieten nur dann möglich sein wird, wenn wenigstens „Keimzellen“ rechtzeitig vorbereitet worden sind.“ [3; S. 5]

Als „Schwerpunktgebiete“ für den ersten Fünfjahrplan schlugen sie Festkörperphysik, Elektronik und Plasmaphysik vor. Kernphysik, Molekularphysik und Schwingungsforschung bezeichneten sie als „Ausbaubereiche“, für die die „Keimzel-

len“ geschaffen werden sollten, „um sie nach 1955 als vollwertige Forschungsgebiete vorweisen zu können“. [3; S. 6]

Im Mai 1953 wurde die ebenfalls im Memorandum vorgeschlagene Sektion Physik an der DAdW gegründet, und zu ihren Mitgliedern wurden Vertreter der Akademie, des Hochschulwesens und der Industrie berufen. Zum Vorsitzenden der Sektion Physik wurde ROMPE gewählt. Er stellte als „erste Aufgabe der Sektion“ die „richtige perspektivische Entwicklung der Physik“ heraus und führte weiter aus: „Die Aufgabe der Sektion muß breiter sein, als sie in der Denkschrift gestellt ist, da es sich darum handelt, eine durchdachte Entwicklung der Physik in der DDR vorzuschlagen. Dabei muß es möglich sein, eine führende Einflußnahme auf physikalische Forschungsstätten außerhalb der Akademie zu erreichen. Es müssen Vorschläge aus der Praxis der Sektion zur Kenntnis kommen und aus der Sektion Kommissionen zur Bearbeitung von Vorschlägen gebildet werden. Sie wird sich aber auch mit Aufgaben organisatorischer Art auf ihrem Wissenschaftsgebiet zu befassen haben.“ [4; S. 2]

Die bedeutendste Leistung der Sektion war die Ausarbeitung eines langfristigen Planes für die Entwicklung der Physik in der DDR. Als förderungswürdig legten die Physiker der DDR nach einer fast zweijährigen Diskussion im Herbst 1961 Aufgaben aus folgenden Komplexen vor: Kernphysik und kosmische Ultrastrahlung; Festkörperphysik; Molekularphysik und Spektroskopie aller Wellenlängen; Elektronik; Schwingungen und Wellen; Biophysik; Geophysik; Geräte, Verfahren und Materialien. Sie wurden als „Empfehlung der Sektion für Physik an den Forschungsrat der DDR für in der Perspektive wichtige und förderungswürdige Forschung“ dem 1957 geschaffenen Forschungsrat übergeben und bis Anfang 1963 durch einen „Katalog solcher Probleme der Physik, deren Bearbeitung zur Förderung der industriellen Produktion in der DDR besonders wichtig erscheint“, ergänzt.

Beide Dokumente bildeten künftig für die Sektion die Hauptrichtlinie für die Beurteilung der ihr zur Begutachtung vorgelegten Forschungsthemen und waren eine wesentliche Grundlage für künftige Planungsvorhaben.

Die Sektion Physik hat in den Jahren ihres Bestehens bis 1966 eine umfangreiche koordinierende Tätigkeit für die physikalische Forschungsthematik an den Akademie- und Hochschulinstituten geleistet und die sehr schwierige Aufgabe der langfristigen Planung von Wissenschaft und Technik in Angriff genommen. Durch diese Vorarbeit konnten die Physiker dem Forschungsrat der DDR, dessen Vorsitzender bis 1967 der Physikochemiker THIESSEN und anschließend bis 1978 der Physiker STEENBECK war, wichtige Impulse verleihen. Die Aufgaben der Sektion Physik wurden schrittweise vom Forschungsrat übernommen und durch die Arbeitskreise des Forschungsrates und durch die Bildung einer Gruppe Physik im Oktober 1966 weiterentwickelt.

Die Gruppe Physik des Forschungsrates hat in den ersten Jahren ihres Bestehens unter Leitung von LÖSCHE und SCHUBERT eine umfangreiche prognostische Arbeit geleistet. Im Oktober 1970 konnte die „Prognostische Einschätzung der Entwicklung der physikalischen Wissenschaft der für die DDR bedeutsamen Hauptrichtungen“ vorgelegt werden. Als Hauptrichtungen wurden hervorgehoben: Festkörper-

physik; Plasmaphysik; Atomphysik; Molekülphysik und Quantenelektronik; Kern- und Elementarteilchenphysik; kosmische Physik; gesamtphysikalische methodische Aspekte.

Von entscheidender Bedeutung war, daß die Physiker den Begriff der „Fundamentalität in der Physik“ neu durchdachten und sich auf eine Rangordnung grundlegender Fragen entsprechend der gesellschaftlichen Relevanz für den Aufbau der sozialistischen Gesellschaftsordnung einigten. Von den in der physikalischen Forschung im Weltmaßstab möglichen Beiträgen sollten die für die DDR notwendigen Beiträge (Gesichtsfeld sozialistische Staatengemeinschaft) abgespalten werden. Heute allgemein anerkannt und von anderen Wissenschaftsdisziplinen übernommen, wurden drei Kategorien definiert:

A. Beiträge für die Technik und Produktion, die die gesamtgesellschaftliche Entwicklung stark beeinflussen, z. B.

- Probleme der Energieerzeugung auf konventioneller und nichtkonventioneller Basis
- Automation ausgewählter Prozesse
- Gewinnung, Speicherung, Transport und Verarbeitung von Informationen
- Herstellung von Werkstoffen mit „beliebig“ vorgegebenen Eigenschaften

B. Beiträge, die die Entwicklung anderer Wissenschaftsdisziplinen beeinflussen oder zur Neuentwicklung solcher beitragen, z. B.

- Wechselbeziehungen zwischen Physik und Chemie, Physik und Biologie

C. Beiträge zu solchen internen Problemen der Physik, die nicht auf tieferliegende Erkenntnisse zurückgeführt werden können, z. B.

- Probleme der Allgemeinen Relativitätstheorie
- Probleme der statistischen Physik.

Die Prognose Physik bildete ein konzentriertes zukunftsorientiertes Angebot zu physikalischen Problemen, das nach dem VIII. Parteitag der SED weiter konkretisiert werden mußte. Auf der Basis der bisherigen Erfahrungen und Erkenntnisse wurde 1972 mit der Ausarbeitung eines langfristigen „Programms Physik“ begonnen. Unter Mitarbeit von über 300 Physikern aus allen Forschungseinrichtungen wurde innerhalb von einem Jahr das „Programm Physik einschließlich Kern- und Werkstoffforschung“ unter Federführung von HOFMANN erarbeitet. Es ist bis heute, nach entsprechender Aktualisierung, Grundlage für die langfristige Planung der Grundlagenforschung an der Akademie und im Hochschulwesen auf dem Gebiet der Physik. In 15 Hauptforschungsrichtungen gegliedert, ist festgelegt, welche Forschungsprojekte mit den entsprechenden Zielen bearbeitet werden sollen. Konsequenzen für die Aus- und Weiterbildung wurden genauso eingearbeitet wie Berührungspunkte und Verflechtungen mit Programmen anderer Wissenschaftsgebiete. Im gleichen Zeitraum wurde in einer Konzeption die langfristige Entwicklung der Wissenschaft für wichtige Bereiche der Volkswirtschaft abgesteckt, woraus sich vor allem für die physikalische Forschung in der Industrie weitreichende Aufgaben ableiteten.

Die Frage nach der Möglichkeit einer Planung der physikalischen Forschung haben die Physiker selbst positiv beantwortet. Die dabei gesammelten Erkenntnisse

„wurden im dialektischen Wechselspiel von praktischer Erfahrung und theoretischer Überlegung im Prozeß der Gestaltung von Forschung und Technik in unserer Republik erarbeitet, abstrahiert und wieder angewendet. Sie gehören mit zur Gestaltung des entwickelten Sozialismus, sind ein Stück unseres realen Sozialismus, und sie haben nichts gemein mit steril-theoretisierenden Überlegungen zu einer perfektionistischen Planung und Leitung der Wissenschaft.“ [5; S. 13]

Neben den bereits genannten Wissenschaftlern, wobei die bedeutende Rolle von ROMPE nochmals hervorgehoben sei, hatten die Physiker FUCHS, AUTH und WEISSMANTEL als Vorsitzende verschiedener physikalischer Gremien besonderen Anteil an dieser Entwicklung.

Die Beziehungen zur internationalen Physik

Die Leistungsfähigkeit der physikalischen Forschung eines Landes wird wesentlich durch die Möglichkeit des Zugriffs zum angehäuften Weltfundus an physikalischem Wissen mitbestimmt. Die Physiker der DDR haben sich deshalb schon sehr frühzeitig bemüht, die durch den Faschismus hervorgerufene Isolation zu überwinden. Dabei wurden ihnen nicht wenige Steine in den Weg gelegt. Vor allem der Alleinvertretungsanspruch der BRD-Regierung bewirkte, daß sie lange Zeit nur eingeschränkt am internationalen Leben teilnehmen konnten. Erstmals durchbrachen die Geophysiker der DDR mit großer Unterstützung der UdSSR diese unbefriedigende Situation in den 50er Jahren mit ihrer Teilnahme an der Vorbereitung und Durchführung des „Internationalen Geophysikalischen Jahres“. Der 1952 gegründeten Physikalischen Gesellschaft der DDR gelang es, 1960 als Vertretung der DDR in die „Internationale Union für Reine und Angewandte Physik“ (IUPAP) aufgenommen zu werden. Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit des physikalischen Forschungspotentials stieg die Zahl der Physiker, die auf internationalen Kongressen zu Vorträgen eingeladen wurden, beträchtlich an. Der Physikalischen Gesellschaft der DDR und wissenschaftlichen Instituten wurde die Ausrichtung internationaler Veranstaltungen übertragen. Mit der weltweiten politischen Anerkennung der DDR Anfang der 70er Jahre wurde die internationale Zusammenarbeit allseitig ausgebaut.

Wesentlich früher wurde eine neue Qualität der Zusammenarbeit mit der Sowjetunion und den anderen sozialistischen Ländern erreicht. Erstmals nahmen 1951 hundert Arbeiter- und Bauernkinder ein Studium an sowjetischen Hochschulen auf. Ab 1953 lehrten sowjetische Gastwissenschaftler auf Wunsch der Regierung der DDR an Universitäten neuestes Fachwissen. Unmittelbare Kontakte zur Forschung in der Sowjetunion vermittelten vor allem auch sehr bedeutende Wissenschaftler, darunter G. HERTZ, STEENBECK, VON ARDENNE, GÖRLICH, RICHTER, P. A. THIESSEN, VOLMER, die über längere Zeit sehr erfolgreich an Forschungsvorhaben in der UdSSR mitgewirkt hatten und nach ihrer Rückkehr durch ihre wissenschaftlichen Erfahrungen in maßgeblichen Funktionen am Aufschwung der Physik der DDR beteiligt waren.

Für die Physiker der DDR ist das Jahr 1955 von besonderer Bedeutung. Im April 1955 wurde ein Regierungsabkommen über die Hilfe der UdSSR bei der Entwicklung der Forschung auf dem Gebiet der Physik des Atomkerns und der friedlichen Nutzung der Atomenergie abgeschlossen. Auf dieser Grundlage lieferte die Sowjetunion einen Wasser-Wasser-Reaktor mit einer thermischen Leistung von 2 MW und ein Zyklotron für eine Energie von 25 Millionen Elektronenvolt für Alphateilchen und gab Hilfe bis zur Inbetriebnahme. Die Forschungsarbeit an beiden Geräten konnte im 1956 gegründeten Zentralinstitut für Kernforschung in Rossendorf im Laufe der Jahre 1957/1958 aufgenommen werden. Parallel lief die Ausbildung von Kernphysikern an sowjetischen Forschungseinrichtungen. Auf diese Weise konnte der mehr als zehnjährige Rückstand auf Gebieten der niederenergetischen Kernphysik, der Isotopentechnik und der Kernenergetik aufgeholt werden. Zielgerichtet gefördert wurden diese Vorhaben durch den 1955 gegründeten wissenschaftlichen Rat für die friedliche Anwendung der Atomenergie (Leitung: G. HERTZ) und das gleichzeitig gebildete Amt für Kernforschung und Kerntechnik (Leitung: RAMBUSCH).

1956 schlug die Regierung der UdSSR den Wissenschaftlern in den sozialistischen Ländern die Bildung eines internationalen Forschungszentrums in Dubna vor. Seit dieser Zeit bot und bietet die Mitarbeit im Vereinigten Institut für Kernforschung (VIK) in Dubna den DDR-Physikern modernste Arbeitsbedingungen auf dem Gebiet der Hochenergiephysik. Mehr als dreißig ehemalige VIK-Mitarbeiter sind heute als Professoren an wissenschaftlichen Einrichtungen der DDR tätig.

Ein weiteres hervorragendes Beispiel unter vielen für die enge Zusammenarbeit in den letzten Jahren ist die Kooperation der UdSSR und der anderen sozialistischen Staaten in der Kosmosforschung, die u. a. folgende Gebiete physikalischen Inhalts betrifft: Elektronik, Informationsübertragung, Materialwissenschaften, Plasmaphysik, Astrophysik. Der Vorschlag zur Zusammenarbeit mit dem Angebot der Nutzung der entsprechenden technischen Einrichtungen, einschließlich Satelliten und Raketen, wurde bereits 1965 unterbreitet. Das gemeinsame Programm „Interkosmos“ und das Regierungsabkommen von 1976 „über die Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums zu friedlichen Zwecken“ sind Ergebnisse des Vorschlages. Der Einsatz wissenschaftlicher Forschungsgeräte der DDR, wie Infrarot-Fourier-Spektrometer und der Multispektralkamera MKF-6, und schließlich die wissenschaftliche Tätigkeit des DDR-Flieger-Kosmonauten waren Höhepunkte dieser Zusammenarbeit.

Zur Entwicklung des physikalischen Forschungspotentials

Seit Gründung der Deutschen Demokratischen Republik hat sich die Anzahl der ausgebildeten Physiker auf etwa 10000 erhöht. Ein großes Potential von Physiklehrern bemüht sich, die Schüler mit physikalischen Problemen vertraut zu machen und Interesse für dieses Fachgebiet zu wecken. Die physikalischen Forschungseinrichtungen wurden nach dem Wiederaufbau beträchtlich erweitert, und neue ka-

men hinzu, z. B. die Kernphysikalischen Institute an der Akademie und der Technischen Universität Dresden, das Forschungsinstitut „Manfred von Ardenne“ und physikalische Bereiche an den neugegründeten Spezialhochschulen für Maschinenbau in Karl-Marx-Stadt, für Schwermaschinenbau in Magdeburg, für Elektrotechnik in Ilmenau und für Chemie in Leuna-Merseburg. Eine Neuordnung des Forschungspotentials an der Akademie erfolgte 1957 mit der Gründung einer Forschungsgemeinschaft der naturwissenschaftlichen, technischen und medizinischen Institute. Im Jahre 1961 waren in der Forschungsgemeinschaft 68 wissenschaftliche Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen, darunter 24 mit physikalischer Orientierung. Vorsitzender der Forschungsgemeinschaft war von 1957 bis 1961 der Physiker FRÜHAUF und von 1961 bis 1968 der Chemiker KLARE. Ende der 60er Jahre wurden an den Universitäten und Hochschulen sowie an der Akademie mit den Sektionen und Zentralinstituten bzw. Instituten die heutigen Organisationsstrukturen für die wissenschaftliche Tätigkeit in diesen Bereichen geschaffen. Heute beschäftigen sich an der Akademie folgende Einrichtungen mit physikalischen Problemen:

Zentralinstitut für Elektronenphysik

Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstoffforschung

Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung

Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf

Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie

Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau

Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie

Institut für Hochenergiephysik

Institut für Physik der Werkstoffbearbeitung

Physikalisch-Technisches Institut

Diese Einrichtungen unterstehen dem Forschungsbereich Physik, Kern- und Werkstoffwissenschaften. Zu den der Physik nahestehenden Einrichtungen anderer Forschungsbereiche zählen hauptsächlich:

Zentralinstitut für Astrophysik

Zentralinstitut für Physik der Erde

Zentralinstitut für physikalische Chemie

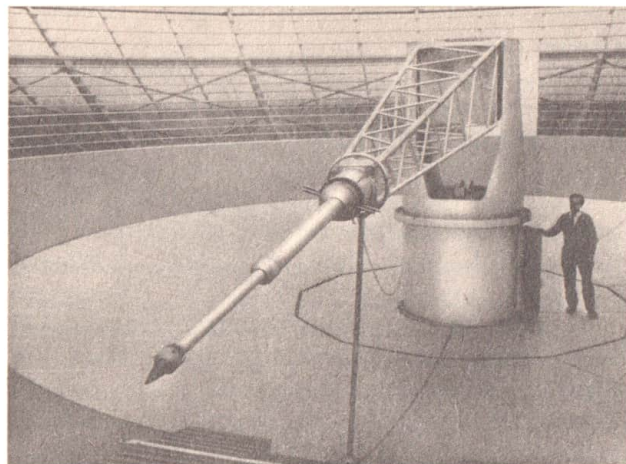
Zentralinstitut für solar-terrestrische Physik

Institut für Kosmosforschung

Institut für Mechanik

Im Hochschulwesen ist die physikalische Forschung und die Ausbildung von Diplom-Physikern auf folgende Universitäten und Hochschulen konzentriert:

Humboldt-Universität	Berlin
Ernst-Moritz-Arndt-Universität	Greifswald
Martin-Luther-Universität	Halle
Friedrich-Schiller-Universität	Jena
Karl-Marx-Universität	Leipzig
Wilhelm-Pieck-Universität	Rostock
Technische Universität	Dresden



Radioteleskop
im Heinrich-Hertz-Institut
in Berlin-Adlershof.
Es hat einen Durchmesser
von 36 m und eine nutzbare
Antennenfläche von 1000 m².

Technische Hochschule
Technische Hochschule
Technische Hochschule

Karl-Marx-Stadt
Magdeburg
Leuna-Merseburg

An zahlreichen anderen Hoch- und Fachschulen, wie z. B. der Bergakademie Freiberg, der Technischen Hochschule Ilmenau, den Ingenieur-Hochschulen Zittau und Berlin-Wartenberg, sind physikalische Wissenschaftsbereiche oder Abteilungen für die Grundlagenausbildung in den einzelnen Fachrichtungen zuständig. Entsprechend dem Prinzip der Einheit von Lehre und Forschung wird physikalische Forschung an all diesen Einrichtungen betrieben. Sie ist besonders bei den kleineren Instituten sinnvollerweise am jeweiligen Ausbildungsprofil orientiert. Eine große Konzentration physikalischen Forschungspotentials, das eng mit den o. g. Einrichtungen kooperiert, existiert in den „physikalischen Industriezweigen“ Elektronik/Elektrotechnik und wissenschaftlicher Gerätebau. In Kombinatenn wie Carl-Zeiss Jena, Mikroelektronik Erfurt, NARVA Berlin u. a. sind viele Physiker an Forschungsvorhaben beteiligt.

Zu einigen Ergebnissen der physikalischen Forschung

Physikalische Grundlagenforschung wird in der DDR bis auf wenige Ausnahmen innerhalb der folgenden 15 Hauptforschungsrichtungen betrieben:

- Elektronisches Verhalten von Festkörpern
- Mechanisches Verhalten von Festkörpern
- Struktur fester Phasen und Kinetik der Phasenbildung
- Grenzflächen und dünne Schichten
- Halbleiterphysik
- Flüssigkeiten
- Molekülphysik

- Plasmaphysik
- Optik und Quantenelektronik
- Kernenergetik
- Grundlagen der Isotopen- und Strahlenforschung
- Atomphysik und Anwendung kernphysikalischer Methoden in der Festkörperphysik
- Hochenergiephysik
- Theoretische und mathematische Grundlagen der Physik
- Experimentelle Methoden der Physik und Grundfragen des wissenschaftlichen Gerätebaus

In den folgenden Betrachtungen kann nur eine sehr eingeschränkte Auswahl von Forschungsergebnissen und Wissenschaftlerpersönlichkeiten, die zu den bedeutendsten gezählt werden, Erwähnung finden.[6]

Festkörperphysik und Werkstofforschung

Die Festkörperphysik, heute weltweit umfangreichstes Teilgebiet physikalischer Forschung, kann in der DDR auf einigen Gebieten auf eine lange Tradition und eine bedeutende Förderung zurückblicken. Untersuchungen zur Aufklärung der mechanischen Eigenschaften der Festkörper, wie Festigkeit, Plastizität und Bruch mit außerordentlicher Bedeutung für die Werkstofferzeugung und Anwendung, wurden seit 1950 an verschiedenen Einrichtungen verstärkt betrieben. EISENKOLB begründete in Dresden eine international anerkannte Schule der Pulvermetallurgie. AGTE beschäftigte sich sehr erfolgreich mit den mechanischen und technologischen Eigenschaften von Hartstoffen und Hartmetallen. REXER baute ebenfalls in Dresden mit dem Institut für angewandte Physik der Reinstoffe eines der international führenden Zentren der Reinstoffforschung auf. LANGE konzentrierte in Freiberg die Forschung auf Diffusionsvorgänge in Metallen und Legierungen. Die Sprödigkeit stand im Mittelpunkt der Untersuchungen der von G. E. R. SCHULZE in Dresden betriebenen experimentellen Metall- und Röntgenphysik. An der Universität in Halle bemühte man sich erfolgreich um die Bereitstellung von Methoden und Erkenntnissen zur Stoffcharakterisierung. ROMPE untersuchte zu dieser Zeit an der Berliner Universität elektronische Eigenschaften von Festkörpern.

In den 50er Jahren wurden an der Akademie das Forschungsinstitut für metallische Spezialwerkstoffe in Dresden und für magnetische Werkstoffe in Jena zur Schaffung des wissenschaftlichen Vorlaufs für die Entwicklung von Sonderwerkstoffen, deren Eigenschaften sich aus ihrer elektronischen Struktur bzw. aus der Wechselwirkung der Elektronen mit anderen Quasiteilchen bestimmen lassen, gegründet. Eine Konzentration der Forschungskapazität auf diesen Gebieten erfolgte Ende der 60er Jahre unter HENKEL mit der Bildung eines Zentralinstituts für Festkörperphysik und Werkstofforschung der Akademie der Wissenschaften. Durch BEWILOGUA wurden die Voraussetzungen für die industrielle Gewinnung kryogener Gase, die Entwicklung von Kryostaten und den Aufbau von kleinen Verflüssigungs-

anlagen als Grundlage für Tieftemperaturuntersuchungen in der DDR geschaffen. Die industrielle Produktion von Neon aus der Luft begann 1965, die von Helium aus Erdgas 1972. International stark beachtete Leistungen bei der Forschung zum mechanischen Verhalten von Festkörpern waren u. a. Untersuchungen an den pulvermetallurgischen Grundprozessen, die Darstellung chemisch höchstreiner und physikalisch perfekter Einkristalle der hochschmelzenden krz-Übergangsmetalle Wolfram, Molybdän und Niob, Beiträge zum Ausheilungsverhalten verformungs- und strahlungsinduzierter gittereigener sowie gitterfremder Punktdefekte in diesen Metallen. Damit konnten u. a. die Kenntnisse über die plastische Verformung, die Werkstoffherholung sowie zu den mikroskopischen Bruchvorgängen vertieft werden. Sonderwerkstoffe, deren Eigenschaften durch das elektronische Verhalten von Festkörpern bestimmt sind, haben eine große Bedeutung für die Mikroelektronik und für den wissenschaftlichen Gerätebau. Auf den Einfluß von Magnetwerkstoffen und Supraleitwerkstoffen für die Lösung der Energieprobleme der Zukunft sei nur hingewiesen. Interessant ist besonders die Gruppe der durch Schnellabschreckung hergestellten quasiamorphen metallischen Werkstoffe, die günstige mechanische und magnetische Eigenschaften besitzen.

Die ersten Erfolge lagen anfangs in der Nachentwicklung von Spezialwerkstoffen für die Industrie, ergänzt durch die ersten Neuentwicklungen. Beachtliche Leistungen wurden auf dem Gebiet der Untersuchungsmethodik erzielt, die dem wissenschaftlichen Gerätebau zugute kamen. Bei der Untersuchung der elektronischen Eigenschaften von Reinstmetallen (Niob, Molybdän, Ruthenium, Vanadium und Eisen) wurden in der Folgezeit durch BERTHEL mit dem Nachweis eines magnetischen Durchbruchs in diesen Metallen und eines reversiblen stabilen Zustandes des Flußliniengitters in einem hochreinen Niobeinkristall internationale Erstleistungen erbracht. Zu den herausragenden theoretischen Arbeiten gehören die Ergebnisse zur Theorie der elektrischen Leitfähigkeit in offenen Festkörpersystemen, zur Berechnung des elektrischen Widerstands in magnetisch ungeordneten Systemen von VORTA.

Für die Untersuchung der Struktur fester Phasen und der Kinetik der Phasenbildung war vor allem die Entwicklung einer leistungsfähigen Elektronenmikroskopie ab Anfang der 60er Jahre von größter Bedeutung. Das von BETHGE aufgebaute Institut für Elektronenmikroskopie der Akademie in Halle und das 1975 am Institut gegründete Internationale Zentrum für Elektronenmikroskopie gehören heute zu den führenden internationalen Forschungszentren auf diesem Gebiet. Dies trifft z. B. für die Methode der Höchstauflösungs-Elektronenmikroskopie zur Untersuchung von feinsten Ausscheidungen oder von Strahlenschäden zu. Für die Entwicklung der Mikroelektronik in der DDR waren Defektuntersuchungen an Halbleitergrundmaterialien mit Hilfe der Elektronenmikroskopie am IfE Halle und mit Hilfe von Röntgenverfahren an der Universität Halle von großer Wichtigkeit.

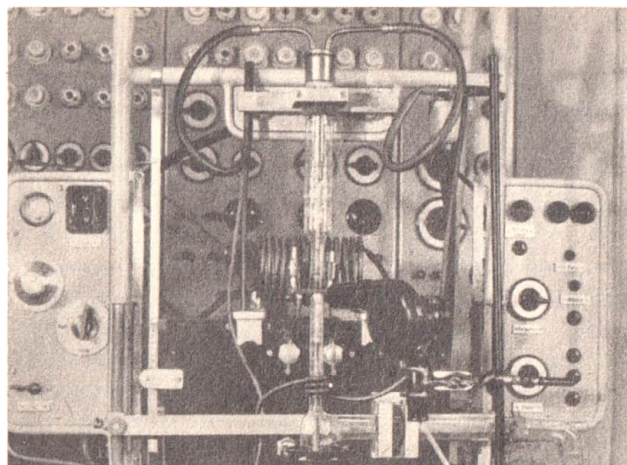
Seit Anfang der 70er Jahre gewannen zunehmend systematische Untersuchungen der physikalischen, chemischen und technologischen Grundlagen der Struktur und der Prozesse an Oberflächen und dünnen Schichten Bedeutung. Unter Leitung von WEISSMANTEL bildete sich, vor allem an der Technischen Hochschule Karl-



1000-KV-Höchstspannungs-Elektronenmikroskop
am Institut für Festkörperphysik
und Elektronenmikroskopie der AdW
der DDR in Halle

Marx-Stadt, eine leistungsfähige Forschungsgruppe heraus. Diese Entwicklung wurde begünstigt durch die Erfolge der vakuumtechnischen Industrie sowie die im Forschungsinstitut „Manfred von Ardenne“ entwickelte leistungsfähige Vakuum- und Beschichtungstechnologie. Oberflächen und innere Grenzflächen sind der Teil der Werkstoffe und Werkstücke, der durch unerwünschte Einflüsse, wie mechanische Abnutzung durch Verschleiß oder chemische Umwandlung durch Korrosion, besonders stark belastet wird und somit wesentlich Qualität und Lebensdauer bestimmt. Eine Oberflächenvergütung kann einerseits eine Schutzfunktion übernehmen und andererseits einem kompakten Werkstoff wertvolle Materialeigenschaften verleihen, was oft bei gleichen technischen Nutzmöglichkeiten wesentlich ökonomischer ist, als die gleichen Eigenschaften im Gesamtmaterial zu erzeugen. Zu den Forschungsergebnissen zählt die Herstellung und Untersuchung amorpher bzw. quasiamorpher Schichtstrukturen von Metallen, von dotierbarem Silizium und von diamantähnlichem Kohlenstoff. Damit wurden neue Kenntnisse von der Existenz fester Phasen und ihrer Umwandlung zwischen verschiedenen Ordnungszuständen gewonnen. Die Industrie nutzt mittlerweile neuentwickelte Hartstoffschichten, Isolierschichten, Schichtsysteme für elektronische Bauelemente, aber auch Technologien wie Ionenstrahlbeschichtung, Plasmaätzen und Laserbearbeitung.

Die Grundlagen für die Forschung auf dem Gebiet der Halbleiterphysik wurden bereits in den ersten Nachkriegsjahren am Institut der Festkörperforschung der DAdW und an der Universität Berlin mit den Untersuchungen der Photoleitungs- und Lumineszenzeigenschaften an Kadmiumsulfidkristallen unter MÖGLICH und ROMPE gelegt. Forschungsarbeiten an Selen waren in der Folgezeit für die Gleichrichterproduktion in der DDR von großer Bedeutung. Der Grundstein für die Halbleiterindustrie ist die 1953 von FALTER in Teltow gegründete Forschungsstelle für Halbleitertechnik, die Probleme der Kristallisation und der Transport- und Oberflächeneigenschaften von Germanium und später von Silizium bearbeitete. In den 60er Jahren bildeten sich mit dem Physikalisch-Technischen Institut (PTI) der



Im Physikalisch-
Technischen Institut
der Deutschen Akademie
der Wissenschaften
gebaute Zonenfloating-Apparatur
zur Höchstreinigung
von Silizium
(1964)

AdW (heute Zentralinstitut für Elektronenphysik), der Universität Berlin und der Universität Leipzig die Zentren der Halbleiterphysikforschung heraus. Eine enge Zusammenarbeit mit den Partnern in der Industrie existierte von Beginn an. Am PTI führten in Kooperation mit dem heutigen ZWG und dem VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder) Arbeiten zur Zonen-Floating-Technik des Siliziums zur Entwicklung der ersten Zonenfloating-Kristallzüchtungsmaschine der DDR, die internationalen Stand verkörperte. Weitere bedeutsame Leistungen wurden im Rahmen eines Siliziumprogramms realisiert. Als Zentrum der theoretischen Halbleiterforschung profilierte sich die Berliner Universität. Arbeiten zur Photoleitung und Halbleiterphysik in Berlin sowie von G. HERTZ angeregte Untersuchungen an $A^{III}-B^V$ -Verbindungen in Leipzig erlangten für die Optoelektronik eine große Bedeutung. Die stürmische Entwicklung der Halbleitertechnik bewirkte, daß neben der Halbleiterphysik immer mehr andere Disziplinen wichtige Teilgebiete bearbeiteten. Als Beispiel sei nur die Chemie mit der Bereitstellung reiner Substanzen genannt. Heute ist die Halbleitertechnik eine eigenständige wissenschaftlich-technische Disziplin mit Forschungs- und Ausbildungspotential an der Technischen Universität Dresden, der Technischen Hochschule Ilmenau und der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt geworden. Die Halbleiterphysik hat entscheidende Geburtshilfe geleistet und steht vor neuen Forschungsaufgaben, die sich aus dem Einsatz des GaAs in der VLSI-Technik, der Entwicklung der Molekularstrahlepitaxie, der optischen Informationsübertragung und der integrierten Optik ergeben. Mit der industriespezifischen Grundlagenforschung in den Kombinat sind äußerst leistungsfähige Partner entstanden, und die DDR gehört zu den wenigen Ländern der Welt, die Bauelemente der Mikroelektronik selbst produzieren können.

Flüssigkeiten

Die Untersuchung von Flüssigkeiten ist Gegenstand mehrerer Grundlagendisziplinen. Es werden Untersuchungen, vor allem mit physikalischer, chemischer und biologischer Zielstellung, mit etwa gleichem Aufwand betrieben. Die physikalisch orientierte Flüssigkeitsforschung in der DDR hat ihre Wurzeln vor allem in der Universität Rostock und wurde durch den Elektrolytforscher FALKENHAGEN geprägt. Aus der FALKENHAGENSCHEN Schule sind eine Reihe von Wissenschaftlern, u. a. KELBG und EBELING, hervorgegangen, die die Tradition der Flüssigkeitsforschung fortsetzten. Es wurden international beachtete Forschungsergebnisse zur Statistik von Vielteilchensystemen mit Coulombwechselwirkungen und zur Theorie irreversibler Prozesse erzielt. Untersucht wurden Elektrolyte, dichte Plasmen, Elektronen-Loch-Exzitonenflüssigkeiten und Reaktions-Diffusionsprozesse in Flüssigkeiten. Dabei wurde besonders an der Erweiterung der Grundlagen der statistischen Mechanik zur Berücksichtigung von Bindungszuständen in diesen Systemen und der Erfassung der Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen gearbeitet. Die Ergebnisse der Untersuchungen an den verschiedenen Flüssigphasensystemen fanden u. a. ihre Anwendung in der Elektronik/Elektrotechnik, der Glas- und metallurgischen Industrie, der chemischen Industrie und in biologisch-medizinischen Bereichen. Als bekanntes und allgemein genutztes Bauelement seien Flüssigkristalldisplays genannt. Aber auch die flächenhafte Temperaturanzeige in der medizinischen Diagnostik wurde zu einer Anwendungsmöglichkeit kristalliner Flüssigkeiten.

Molekülphysik

Die Molekülphysik entwickelt allgemeine theoretische und analytische Verfahren auf physikalischer Basis, mit denen die Mikrobausteine beschrieben bzw. untersucht werden können. Strukturanalysen und eine bessere theoretische Erfassung molekularer Zustände, Vorgänge und Wechselwirkungen haben wesentlichen Einfluß auf die industrielle Stoffumwandlung und die Entwicklung neuer Werkstoffe. Ihre Bedeutung für die chemische Industrie ist besonders groß. Anfangs war die Molekülphysik fast ausschließlich in den physikalisch-chemischen Instituten der Universitäten angesiedelt. Es bildeten sich verschiedene Zentren heraus, in Leipzig für die Photochemie, in Berlin für magnetochemische Erscheinungen und in Dresden für die IR- und Raman-Spektroskopie. Theoretische Molekülphysik wurde durch Schüler von HUND an den Universitäten Jena und Leipzig betrieben. Von den Zeiss-Werken in Jena gebaute Quarzspektrographen und Raman-Spektrographen sowie in den 50er Jahren auch Infrarot-Spektrometer ermöglichten eine erfolgreiche Forschung. Anfang der 50er Jahre begann sich an der Universität Leipzig eine Gruppe intensiver mit der Kernspinresonanz und etwas später mit der paramagnetischen Elektronenspinresonanz zu beschäftigen und erreichte sehr schnell auf diesem Gebiet einen führenden Platz in Europa. An der Universität in Jena

wurden Forschungen hierzu Mitte der 50er Jahre ebenfalls aufgenommen. Nachdem sich diese Methoden als äußerst erfolgreich erwiesen hatten, entwickelte der VEB Carl Zeiss in den 60er Jahren, wie auch für die nun neuauftretende Mößbauer-Spektroskopie, leistungsstarke Spektrometer. Seit fast 15 Jahren werden die Erfahrungen der hochauflösenden β -Spektroskopie genutzt, um die nach Elektronen- oder $h\nu$ -Beschluß aus Oberflächen von Kristallen oder Molekülen austretenden Elektronen zu analysieren. Hieraus hat sich die Elektronenspektroskopie neu entwickelt.

Die erfolgreiche Entwicklung der Molekülphysik in der DDR, die bisher auf der Beherrschung der jeweiligen modernsten Verfahren der Hochfrequenzspektroskopie basierte, ist vor allem mit den Namen LÖSCHE und PFEIFFER verbunden. Heute existieren kleinere Forschungsgruppen an nahezu allen Universitäten und chemisch orientierten Akademieinstituten, aber auch in Industriebetrieben.

Plasmaphysik

Die Plasmaphysik der DDR wurde durch eine Reihe namhafter Physiker geprägt. In Greifswald baute SEELIGER und in Berlin ROMPE ein leistungsfähiges Forschungspotential auf. Ein drittes Zentrum entstand nach der Rückkehr von STEENBECK aus der Sowjetunion in Jena. Gefördert wurde die plasmaphysikalische Forschung auch durch G. HERTZ. Von der Vielfalt der Probleme, die die Plasmaphysik mit der Entwicklung theoretischer und experimenteller Verfahren und ihrer Anwendung zur Aufklärung und Beherrschung des Zustandsverhaltens ausgewählter Plasmen als Vielteilchensystem im Ergebnis des Zusammenwirkens von Elementarprozessen und kollektiver Wechselwirkung bei der Erforschung der Materie bearbeitet, wurden für die DDR bedeutsame Fragestellungen ausgewählt. Dabei war die Bedeutung der Ergebnisse für Teilgebiete der Elektronik/Elektrotechnik, der Energiewirtschaft, des wissenschaftlichen Gerätebaus, chemischer Verfahrenstechniken und Materialtechnologien von großer Wichtigkeit.

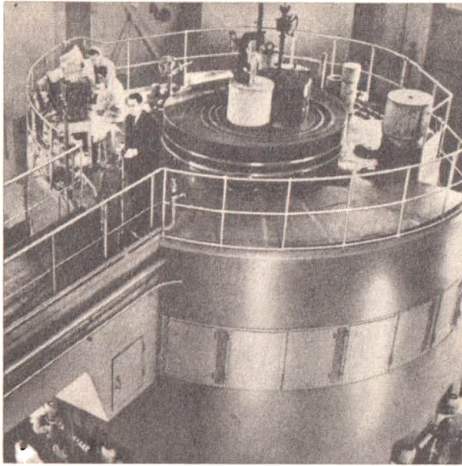
In der Fachwelt erlangten die Plasmaphysiker der DDR, die überwiegend im ZIE der AdW tätig sind, eine hohe Wertschätzung und bestimmten auf Gebieten wie parametrische Instabilitäten und Solitonenbildung, Kinetik nichtisothermer Plasmen, reaktionskinetische Modellierung von Impuls-Plasmen; Vakuum-Durchschlag und Katodenmechanismus von Metaldampfbögen und Theorie nichtidealer Plasmen den Weltstand mit. Für die Industrie und den wissenschaftlichen Gerätebau wurden auf den Gebieten Gaslaser, Leuchtstofflampen, Hochdrucklampen mit Mischplasmen, Vakuumschalter und Plasmabrenner beachtliche Leistungen erbracht. Von Freitaler Wissenschaftlern und Technikern wurde der leistungsstärkste Plasmaschmelzofen der Welt aufgebaut. Seit einigen Jahren arbeiten Plasmaphysiker an der RGW-Forschung auf dem Gebiet der Kernfusion mit. Erfolgreicher Auftakt war der Aufbau und die Anwendung einer Oberflächendiagnose-Apparatur am sowjetischen Tokamak T 10. Die plasmaphysikalischen Beiträge zur Kernfusionsforschung stehen unter Leitung von ALEXANDER.

Optik und Quantenelektronik

Diese Hauptforschungsrichtung vereint ein sehr altes Forschungsgebiet, das mit den Zeiss-Werken in Jena eine traditionell leistungsfähige Industrie besaß, und ein Gebiet, das sich mit der Entdeckung des Lasers in den letzten 25 Jahren als Forschungsrichtung entwickelte. Der Schwerpunkt der optischen Forschung lag in den Nachkriegsjahren naturgemäß in Jena, sowohl im volkseigenen Betrieb Carl Zeiss als auch an der Universität. In Berlin leitete LAU das Optische Laboratorium der Akademie, das sich immer stärker entwickelte und als Keimzelle des heutigen Zentralinstituts für Optik und Spektroskopie (ZOS) anzusehen ist. Theoretische und experimentelle Arbeiten über geometrisch-optische Probleme sowie die Entwicklung von Spektrometern, Interferenzmikroskopen und Prüfgeräten bestimmten anfangs die Tätigkeit. Der Ausschöpfung des Informationsgehalts von fotografischen Bildern widmete man ebenfalls seit dieser Zeit große Aufmerksamkeit. Die Entwicklung der optischen Richtung der Forschung beeinflusste GÖRLICH nach seiner Rückkehr aus der Sowjetunion entscheidend. Der Nachfolger von LAU als Direktor des Berliner Instituts, RITSCHL, förderte seit Mitte der 50er Jahre besonders spektroskopische Untersuchungen.

Das Verdienst von RICHTER ist es, die Bedeutung der Anfang der 60er Jahre sich entwickelnden Laserphysik klar erkannt und diese durch grundlegende Arbeiten zur Lasertheorie beeinflusst zu haben. Sehr schnell wurden die ersten Laser gebaut. An der Universität Jena war dies ein Helium-Neon-Laser und am ZOS ein Rubinlaser. Die nun nutzbaren Lichtquellen hoher Intensität und Kohärenz erlaubten die Untersuchung bisher nicht zugänglicher Eigenschaften der Materie. Die nichtlineare Optik begann sich sprunghaft zu entwickeln.

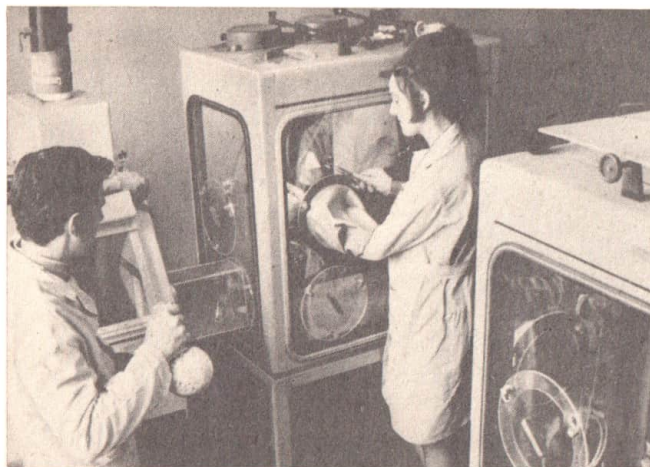
Trotz der nun einsetzenden überproportionalen Entwicklung der Quantenelektronik wurden in der klassischen Optik und in der optischen Spektroskopie bemerkenswerte Leistungen von Wissenschaftlern des VEB Carl Zeiss Jena, des ZOS und der Technischen Hochschule Ilmenau erbracht. Arbeiten zur Optimierung optischer Systeme, zur Prüfung und Vermessung optischer Oberflächen, moderne Lösungen zur Optiktechnologie, dem Feinstfräsen und Polieren gehörten ebenso dazu wie der Bau eines Strahlungsempfängers für spektroskopische Untersuchungen, der bei der gemeinsamen Kosmos-Forschung mit der UdSSR eingesetzt wurde und Welthöchststand verkörperte. Nichtlineare Vorgänge spielten bei der Entwicklung qualitativ völlig neuer spektroskopischer Verfahren eine große Rolle. Dies führte zu einer engen Verbindung zwischen der nichtlinearen Optik, der Laserspektroskopie und der Quantenelektronik. Untersuchungen zu den nichtlinearen Ramaneffekten, insbesondere zur inversen Ramanstreuung, die sogenannte Teststrahlmethode mit einer hohen Zeitauflösung an der Jenaer Universität und Lumineszenzuntersuchungen im sub-ns-Bereich am ZOS zählten zu den bemerkenswertesten Ergebnissen.



Inbetriebnahme
des ersten Forschungsreaktors der DDR
am 16. 12. 1957
im Zentralinstitut für Kernphysik,
Rossendorf

Kern- und Elementarteilchenforschung einschließlich der Kerntechnik

An der DAdW wurde im Jahre 1951 mit der Errichtung eines Forschungsinstituts für Kern- und Atomphysik in Zeuthen begonnen. Hier nahmen 1952 die ersten Wissenschaftler ihre Arbeit auf. Andere kleine Gruppen existierten an der Universität Jena unter ECKARDT und an der Universität Leipzig unter LÖSCHE. 1956 übernahm RICHTER die Leitung des Zeuthener Instituts. Da in den Folgejahren an der Technischen Universität Dresden und im ZfK Rossendorf die niederenergetische Kernforschung und Kerntechnik konzentriert wurde, konnte sich Zeuthen ab 1962 hauptsächlich auf Probleme der Hochenergiephysik orientieren, was zugleich für die Mitarbeit im VIK Dubna günstig war. Zu den Pionieren der Entwicklung der Kernforschung im Dresdener Raum zählen SCHINTLMEISTER, POSE, KUNZE, FUCHS, FAULTICH und ALEXANDER. Die Forschung auf dem Gebiet der Hochenergiephysik ist in Zeuthen bis zu ihrer heutigen Leistungsfähigkeit besonders mit den Namen LANIUS und KASCHLUHN verbunden. In Leipzig war nach dem Ministerratsbeschuß von 1955 das Institut für angewandte Radioaktivität unter Leitung von WEISS und das Institut für stabile Isotope unter Leitung von MÜHLENPFORT gegründet worden. Anfang der 60er Jahre nahm in Berlin-Buch das Institut für angewandte Isotopenforschung seine Tätigkeit auf. Aus diesen drei Instituten und einigen kleineren Forschungsgruppen entstand 1969 das Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlungsforschung. Durch die Kernkraftwerke Rheinsberg und Lubmin ist die DDR bereits seit dem 9. Mai 1966 an der friedlichen Nutzung der Kernenergie beteiligt. Die grundlegende Rolle der Physik bei der Einführung dieser neuen Energiequelle blieb immer erhalten, direkt durch den Einsatz reaktorphysikalischer und kernphysikalischer Methoden für die effektive und sichere Beherrschung des kernenergetischen Hauptprozesses, indirekt über elektronische Verfahren zur Kontrolle und Steuerung oder über die kerntechnische Werkstoffforschung. Die auftretenden Probleme waren und sind dabei von solcher Größenordnung, daß sie nur in internatio-



Kontrolleingriff
in eine
automatische
Kapselanlage
für radioaktive
Jodpräparate,
mit denen
Schilddrüsen-
erkrankte behandelt werden
(1974)

naler Kooperation gelöst werden können. Die Physiker der DDR betätigten sich durch die Erarbeitung von Beiträgen zu den wissenschaftlichen Grundlagen für die theoretische, experimentelle und meßtechnische Beherrschung der technologischen Prozesse und ihrer Störfaktoren bei der Einrichtung und beim Betrieb von Kernkraftwerken im eigenen Land und durch abgestimmte Teilaufgaben des RGW-Komplexprogramms. Eine herausragende Forschungs- und Entwicklungsleistung der Rossendorfer Wissenschaftler und ihrer Industriepartner war das komplexe System der Reaktordiagnostik auf der Grundlage der Rauschsignalanalyse. Sein Einsatz erfolgte als eine der Methoden der Kontrolle und Steuerung bei der Inbetriebnahme und Betriebsführung an den Reaktoren des Kernkraftwerks „Bruno Leuschner“ und hat sich inzwischen auch in verschiedenen anderen Zweigen der Volkswirtschaft als erfolgreich erwiesen. In den letzten Jahren traten neben diese Forschung ausgewählte Aufgaben zur Physik natriumgekühlter Brutreaktoren und Probleme der Kernbrennstoffwirtschaft. Mit der Bearbeitung von Beiträgen zur Fusionsforschung wurde in anderen Hauptforschungsrichtungen begonnen.

Neben der Kernenergetik ist die Anwendung der Methoden und Verfahren der Isotopen- und Strahlungsforschung in der Volkswirtschaft zum bedeutendsten Verfahren der friedlichen Nutzung der Kernenergie geworden. Sie fanden in der DDR zunehmend Anwendung in der Energiewirtschaft, in der geologischen, chemischen und elektronischen Industrie sowie in der Landwirtschaft, im Gesundheitswesen und im Umweltschutz. Die wissenschaftlichen Grundlagen für die Isotopenanwendung wurden hauptsächlich in den 60er Jahren erarbeitet und gingen mit dem Ausbau der Isotopenproduktion und Isotopenanwendung einher. Vor allem die Arbeiten auf dem Gebiet der Trennung des stabilen Isotops Stickstoff-15 waren sehr erfolgreich. Bei der Produktion, der Analyse und Anwendung dieses Isotops gelang den Wissenschaftlern des Zentralinstituts für Isotopen- und Strahlenforschung und ihren Partnern im VEB Chemisches Kombinat Bitterfeld und VEB Statron Fürstentum in den Folgejahren der Vorstoß zur Weltspitze. Die DDR erzeugt gegenwärtig

tig ein Drittel der Weltproduktion dieses Isotops und produziert zwei Typen eines emissionsspektrometrischen Stickstoff-15-Analysators. Arbeiten zur Geochemie der Isotope trugen zur Entdeckung von Erdgaslagerstätten im nördlichen Teil der DDR bei. 1973 erfolgte die Überführung von Nuklearpharmaka in die Produktion, die im Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung entwickelt und zunächst auch dort produziert wurden. Anfang der 70er Jahre begann der Aufbau der strahlenchemischen Forschung in Leipzig. Neue Erkenntnisse über die Vorgänge beim Durchgang ionisierender Strahlung durch Stoffe bildeten die Grundlagen für strahlenchemische Verfahren zur Herstellung von kochfestem Polyvinylchlorid und schlagzähem Polyäthylen. Untersuchungen zur Wechselwirkung mit Gasen ermöglichten den Bau von Aerosolionisationsgasanalysatoren zum Nachweis geringster Spuren toxischer Stoffe in Luft und von Umweltgaschromatographen am Institut.

Die Atomphysik in der DDR beschäftigt sich auf Teilgebieten mit der Struktur und den Eigenschaften des Atomkerns und seiner Bestandteile. Erfolge konnten seit Beginn der Forschung am ZfK Rossendorf und an der Technischen Universität Dresden bei Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Atomkern und Projektil (den Kernreaktionen), zur Struktur der Atomkerne in angeregten Zuständen (der Kernspektroskopie) und zum Zusammenhang zwischen Struktur und Reaktionsmechanismus erzielt werden. Ein Teil der Experimente wurde im VIK Dubna durchgeführt. Eine vielfältige Anwendung fand das in den 60er Jahren ausgearbeitete Kontinuumsschalenmodell. Mit der Bereitstellung von Daten über Neutronenreaktionen beteiligten sich die Wissenschaftler an der Sammlung und Aufbereitung von Kerndaten für die Internationale Atomenergiebehörde der UNO. 1967 wurde mit der Erforschung von Systemen mit wenigen Nukleonen begonnen. Bei der Kernspektroskopie standen in den 60er Jahren Untersuchungen der Struktur von Kernen mittlerer Massenzahlen mit starker Abweichung von Kugelform im Vordergrund. Die maßgebliche Beteiligung am Aufbau einer Anlage zur Trennung und Untersuchung kurzlebiger radioaktiver Isotope in Dubna gehört ebenso zu den Leistungen der Kernphysik der DDR wie der Einsatz des an der Universität Jena entwickelten Betatrons und des Zyklotrons des ZfK Rossendorf für die Behandlung von Geschwulstkrankheiten. Die für die Kernphysik entwickelten experimentellen Methoden erwiesen sich aber auch zunehmend in anderen Wissenschaftsgebieten, besonders in der Festkörperphysik und dort wiederum in der Halbleiterphysik, als sehr ergiebig und volkswirtschaftlich wirksam. Beim Einsatz solcher Methoden für die Untersuchung oder Beeinflussung von Festkörpern sind die Texturanalyse mit Neutronenstreuung und die Nutzung von Ionenstrahlung hervorzuheben. Untersuchungen zur Ionenimplantation in Halbleitern, zur Entstehung und Ausheilung von Strahlenschäden und deren Einfluß auf die elektrischen und optischen Eigenschaften implantierter Schichten brachten breiten Nutzen für die Entwicklung der Mikroelektronik in der DDR.

Die Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der Hochenergiephysik sind eng mit dem VIK Dubna verbunden. Sie verstehen sich als Anteil der DDR an der wissenschaftlichen Zielstellung dieses Forschungszentrums der sozialistischen Länder.

Bis Anfang der 60er Jahre standen Experimente an den Großanlagen des VIK, z. B. dem Synchrophasotron mit Hilfe der Kernemulsionsmethode, im Mittelpunkt. Hier wurde die Bildung von Baryonen- und Mesonen-Resonanzen in hochenergetischen Prozessen nachgewiesen. Ein wesentlicher methodischer Beitrag der DDR waren die in Kooperation zwischen dem Institut in Zeuthen und der DDR-Industrie durchgeführten Neuentwicklungen: Kernspurmeßmikroskope bei VEB Carl Zeiss Jena, Kernspuremulsionen beim VEB Filmfabrik Wolfen und eine Anlage zur fotografischen Entwicklung von Kernspuremulsionen am Institut in Zeuthen. Seit Anfang der 60er Jahre wurden ebenfalls für die genannte physikalische Problematik Blasenkammern als Detektor eingesetzt. Es gelang der erstmalige Nachweis einiger Resonanzzustände von Hadronen. Parallel dazu ergab sich die Notwendigkeit, den methodischen Gebieten der Automatisierung des Meßprozesses und des Einsatzes der Rechentechnik verstärkte Aufmerksamkeit zu schenken. Das prozeßrechnergestützte Auswertungssystem für Spurkameraaufnahmen „JOLAS“, das Anfang der 70er Jahre in Betrieb genommen wurde, und das auf den neuesten Stand der Technik weiterentwickelte System „HEVAS“, das seit Ende der 70er Jahre arbeitet, sind anerkannte Leistungen in dieser Richtung. Die notwendige leistungsfähige Rechentechnik konnte zu Beginn der 60er bzw. 70er Jahre mit EDV-Anlagen vom Typ ZRA-1 bzw. BESM-6 geschaffen werden.

Die wissenschaftliche Zielstellung des Zeuthener Instituts war in den letzten Jahren zunehmend auf den Nachweis der Existenz, die Untersuchung der Eigenschaften und des Wechselwirkungsmechanismus der Basisteilchen der Materie, den Quarks und Leptonen gerichtet. In internationaler Kooperation wurden dazu hochintegrierte rechnergesteuerte elektronische Anlagen zur Experimentsteuerung sowie neuartige Detektoren entwickelt. Der 70 GeV-Beschleuniger des Instituts für Hochenergiephysik in Serpuchow/UdSSR bildete auch für die Zeuthener Wissenschaftler die experimentelle Basis.

Theoretische und mathematische Grundlagen der Physik

Theoretisch-physikalische Forschung ist naturgemäß mehr oder weniger Bestandteil einer jeden der bisher aufgeführten physikalischen Forschungsrichtungen. Neue Gebiete theoretischer Forschung fanden hier ihre institutionelle Ansiedlung. Für die Festkörperphysik, Plasmaphysik und Quantenchemie entwickelte sich so die statistische Mechanik und die Thermodynamik dissipativer Prozesse als theoretischer Überbau. Hochenergiephysik und Quantenfeldtheorie sowie theoretische Astrophysik und relativistische Gravitationstheorie gingen ebenfalls eine Partnerschaft ein. Diese enge Zusammenarbeit erwies sich sowohl für die Fachdisziplinen als auch für die theoretische Physik selbst von großem Nutzen, garantierte aber für einige Probleme, z. B. für Gebiete der klassischen theoretischen Physik, keine ausreichende Förderung. Für die Aufgabenstellung der theoretischen Physik, integrierender Bestandteil der Gesamtp Physik zu sein und die Lehrbarkeit zu sichern, war dies von Nachteil. Deshalb wurde 1976 die Hauptforschungsrichtung „theoretische

und mathematische Grundlagen der Physik“ gebildet. In ihr sind solche Problemstellungen zusammengefaßt, die wegen ihres Allgemeinheitsgrades oder wegen ihrer methodischen Zielstellung oder wegen ihres grundsätzlichen Charakters nicht sinnvoll einer anderen Hauptforschungsrichtung zugeordnet werden können. Fragen der Lehre finden ebenfalls große Beachtung. Zentren theoretischer Forschung dieser Art wirken erfolgreich unter Leitung von UHLMANN für die Quantentheorie und statistische Physik in Leipzig, von SCHMUTZER für die relativistische Physik in Jena und von EBELING für die klassische theoretische Physik in Berlin. Größte internationale Anerkennung fanden Arbeiten zur Gravitationstheorie, die in Potsdam von TREDER und seinen Mitarbeitern geleistet wurden. An die Aufarbeitung des Gedankenguts von PLANCK und EINSTEIN und deren Würdigung in der DDR sowie an der Gründung des Einstein-Laboratoriums in Caputh hatte TREDER ebenfalls großen Anteil.

Experimentelle Methoden der Physik und Grundfragen des wissenschaftlichen Gerätebaus

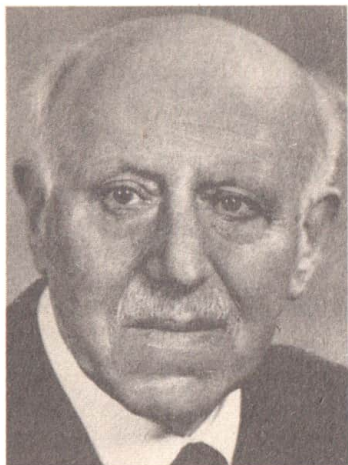
Experimentelle Methoden auf der Basis physikalischer Wirkprinzipien sind für den Erkenntnisfortschritt in den Naturwissenschaften, der Technik und der Medizin unabdingbar. Ihre Entwicklung bestimmt wesentlich die Geschwindigkeit des disziplinären, aber auch des volkswirtschaftlichen Fortschritts mit. Dies geschieht hauptsächlich über den wissenschaftlichen Gerätebau, der oft als eine „physikalische Industrie“ bezeichnet wird und bei uns auf eine große und verpflichtende Tradition zurückblicken konnte. Neben dem VEB Carl Zeiss Jena, wo zahlreiche Physiker unter Leitung von GÖRLICH, POHL, K.-H. MÜLLER eine breite Palette leistungsfähiger Spektrometer und Strahlungsempfänger, Geräte für die Licht- und Elektronenlithografie, die Multispektralkamera etc. entwickelten, beschäftigten sich weitere Betriebe, wie z. B. der VEB Vakutronik Dresden und der heutige VEB Meßelektronik „Otto Schön“ in Dresden, mit dem wissenschaftlichen Gerätebau. An der Akademie entstand mit dem Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau (ZWG) eine weitere sehr leistungsfähige Einrichtung. Viele Leistungen der Physiker an den Akademieinstituten und Universitäten beim wissenschaftlichen Gerätebau und bei der Automatisierung von Meßprozessen und deren Auswertung fanden bereits bei der Behandlung anderer Hauptforschungsrichtungen Erwähnung; ein Einschränken auf nur zwei weitere Beispiele ist deshalb notwendig. Vom VEB Carl Zeiss Jena bzw. vom ZWG produzierte Laser für die Forschung und die Industrie mit beachtlichen Leistungsparametern wurden an der Universität Jena und den Zentralinstituten der AdW für Optik und Spektroskopie bzw. für Elektronenphysik entwickelt. Die unter ALBRECHT an der Universität Jena bis zur Laborfertigung gebrachten supraleitenden Quanteninterferometer SQUIDS verkörpern durch Anwendung des Josephon-Effekts eine qualitativ neue Meßmethode extremer Empfindlichkeit, mit der z. B. von Herz- oder Hirnaktionsströmen verursachte Magnetfelder oder geometrische Felder erforscht werden können.

Kurzbiographien

Mit RUDOLF SEELIGER
FRIEDRICH MÖGLICH
MAX STEENBECK
ROBERT ROMPE
PAUL GÖRLICH
MANFRED VON ARDENNE
KLAUS FUCHS

werden sieben DDR-Physiker der älteren Generation vorgestellt, wobei die Reihenfolge nur eine Reverenz vor ihrem Alter ist und damit die Linie des Buches beibehalten wird. Das Spektrum reicht vom Theoretiker SEELIGER bis zum Industriephysiker GÖRLICH und schließt mit VON ARDENNE einen Wissenschaftler ein, der vor allem bei der Erschließung physikalischer Erkenntnisse für die Technik und den wissenschaftlichen Gerätebau durch zahlreiche Erfindungen Bedeutendes geleistet hat. Die Begeisterung für ihre Wissenschaft und die Bereitschaft zu höchster physischer Belastung kennzeichnet diese Physiker ebenso wie ihr hohes Verantwortungsbewußtsein für die gesellschaftliche Nutzung ihrer Forschungsergebnisse zum Wohl der Menschen. Sie alle widmeten der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses größte Aufmerksamkeit, und zahlreiche Physiker der jüngeren Generation sind stolz, sich ihre Schüler nennen zu dürfen.

RUDOLF SEELIGER wurde am 12. 11. 1886 in München geboren und verstarb am 20. 1. 1965 in Greifswald. Er studierte an den Universitäten Tübingen, München und Heidelberg Mathematik und Physik. 1910 promovierte er bei SOMMERFELD mit einer Arbeit zur Theorie der Elektrizitätsleitung in dichten Gasen. Nach einer zweijährigen Tätigkeit als Assistent bei WIEN in Würzburg trat er 1912 in die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ein und arbeitete dort bei GEHRCKE. Die Habilitation erfolgte 1915 in Berlin. Als Professor für theoretische Physik wurde SEELIGER 1918 nach Greifswald berufen. Ab 1939 war er Direktor des Physikalischen Instituts dieser Universität. Dem Nationalsozialismus stand er ablehnend gegenüber. 1945 war er an der Vorbereitung der kampflosen Übergabe von Greifswald an die Sowjetarmee beteiligt und trug so zur Erhaltung der Stadt und der Universität bei. Als Rektor der Universität hatte er von 1946 bis 1948 großen Anteil an der Wiederaufnahme des Lehrbetriebs. In dieser Zeit trat er auch der sich bildenden CDU in Mecklenburg bei. 1949 wurde SEELIGER zum Ordentlichen Mitglied der Akademie der Wissenschaften gewählt. Bis zu seiner Emeritierung war er Direktor des Physikalischen Instituts und des Instituts für Theoretische Physik der Greifswalder Universität. Gleichzeitig baute er das Akademie-Institut für Gasentladungsphysik in Greifswald auf, das er bis 1958 als Direktor leitete. Die wissenschaftlichen Leistungen SEELIGERS sind eng mit der Entwicklung der Plasmaphysik, die man früher als Gasentladungsphysik bezeichnete, verknüpft. 1912 entdeckte er mit GEHRCKE bei Untersuchungen zum Verhalten der Lichtemission bei Anregung durch Elektronen



RUDOLF SEELIGER

bestimmter Geschwindigkeiten die für die experimentelle Sicherung der Quantentheorie wichtige Grundtatsache der Lichtemission durch Elektronenstöße. Nach seiner Berufung nach Greifswald führte er die systematische Erforschung der vielfältigen Phänomene der elektrischen Leitung in Gasen fort. Er schuf in experimenteller Kleinarbeit exakte Versuchsbedingungen für die Physik der Gasentladungen und hat maßgeblich an der theoretischen Weiterentwicklung dieses Gebietes mitgewirkt. Seine Hauptarbeiten galten dem Mechanismus der positiven Säule in einatomen Gasen, dem negativen Glimmlicht und den Elektronenplasmaschwingungen. Er schuf später eine Theorie der Schichtung der Ionosphäre. Seine über 160 Veröffentlichungen, davon 4 in Buchform, umfassen auch solche Arbeiten, die die jeweiligen aktuellen technischen Anwendungen der Plasmaphysik unterstützten. Seine Leistungen wurden u. a. durch die Auszeichnung mit dem Vaterländischen Verdienstorden und die Berufung zum Ehrenszenator der Universität Greifswald gewürdigt.

FRIEDRICH MÖGLICH wurde am 12. Oktober 1902 in Berlin geboren und verstarb am 17. Juni 1957 in seiner Geburtsstadt. Er studierte an der Berliner Universität Mathematik und Physik und promovierte 1927 bei VON LAUE mit einer Dissertation zu Problemen der Wellenoptik. Anschließend ging er für ein Jahr zu BORN nach Göttingen. Ende 1928 nahm er eine Assistentenstelle bei VON LAUE am theoretischen Institut der Berliner Universität an. 1930 erfolgte die Habilitation. Da er dem faschistischen Regime sehr kritisch gegenüberstand, wurde er 1936 wegen politischer Unzuverlässigkeit von der Universität entlassen. Anfang 1937 verhaftet, mußte er nach einer halbjährigen Haftzeit mangels Beweisen freigesprochen werden. Ihm wurde jede Tätigkeit an deutschen Hochschulen, sogar das Betreten der Berliner Universität, untersagt. Von 1937 bis 1945 arbeitete er freiberuflich als wissenschaftlicher Berater der Elektroindustrie. Mit der Wiedereröffnung der Berliner Universität wurde er 1946 zum Professor für theoretische Physik und Direktor des gleichna-



FRIEDRICH MÖGLICH

migen Instituts berufen. Die Deutsche Akademie der Wissenschaften übertrug ihm die Leitung einer Arbeitsstelle für Halbleiterfragen, aus der das Institut für Festkörperforschung in Berlin-Buch hervorging. 1954 wurde auf seine Initiative und unter seiner Leitung mit dem Neubau eines Instituts für Festkörperphysik, das möglichst vielseitig die experimentellen Grundlagen auf den der theoretischen Behandlung zugänglichen Teilgebieten bearbeiten sollte, in Berlin-Mitte begonnen. MÖGLICH erlebte noch die Anfänge des Umzugs in sein neues Institut. Er verstarb vor Vollendung seines 55. Lebensjahres. Als Schüler von VON LAUE und BORN beschäftigte sich MÖGLICH mit Forschungen über die Grundlagen der Quantenmechanik. Während seiner Industrietätigkeit trat die Festkörperphysik in den Vordergrund. In zahlreichen Publikationen trug er dazu bei, die Ergebnisse der Quantentheorie für die Festkörperphysik zu nutzen. Mit Untersuchungen an Kadmiumsulfid, Germanium und Silizium erweiterte er die Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften der Halbleiter. Seine Arbeiten zur Supraleitung fanden ebenfalls große Beachtung. Die Regierung der DDR würdigte seine wissenschaftlichen Leistungen durch die Verleihung des Nationalpreises.

MAX STEENBECK wurde am 21. März 1904 in Kiel geboren und verstarb am 15. Dezember 1981 in Berlin. Er studierte von 1922 bis 1927 an der Universität Kiel zunächst Chemie, dann Physik. Anfang 1928 promovierte er bei KOSSEL mit einer Arbeit zur absoluten Intensitätsmessung von Röntgenstrahlen. Nach Abschluß des experimentellen Teils der Doktorarbeit trat er Ende 1927 in die wissenschaftliche Abteilung der Siemens-Schuckert-Werke in Berlin-Siemensstadt ein. Hier war er, sehr rasch – über Laborleiter, Technischer Leiter bis zum Werkleiter des Siemens-Stromrichterwerkes – in führende Stellung aufsteigend, bis 1945 tätig. Von 1945 bis 1956 leitete STEENBECK eine wissenschaftliche Arbeitsgruppe in der UdSSR, deren Aufgabengebiet die Trennung der Uran-Isotope war; das Problem wurde erfolgreich durch die Entwicklung der Gaszentrifuge gelöst. Nach seiner Rückkehr aus

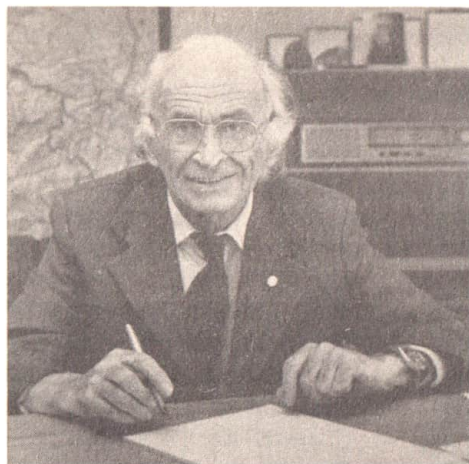


MAX STEENBECK

der UdSSR berief die Friedrich-Schiller-Universität Jena STEENBECK 1956 zum Professor für Plasmaphysik. Die Akademie der Wissenschaften wählte ihn im gleichen Jahr zum Ordentlichen Mitglied und übertrug ihm die Leitung des Instituts für magnetische Werkstoffe in Jena. Danach wurde er von 1959 bis 1969 Direktor des Instituts für Magnetohydrodynamik ebenfalls in Jena. STEENBECK hatte außerdem großen Anteil an der Entwicklung der Kerntechnik in der DDR. Von 1957 bis 1960 baute er ein wissenschaftliches Arbeitskollektiv auf, das „die beim Aufbau des ersten Kernkraftwerkes der DDR in wissenschaftlicher Hinsicht anfallenden Fragen durcharbeitete“. Bis 1962 war er dann Direktor des VEB Entwicklung und Projektierung kerntechnischer Anlagen, Berlin. Von 1962 bis 1966 war STEENBECK Vizepräsident der Akademie und von 1965 bis 1978 Vorsitzender, danach Ehrenvorsitzender des Forschungsrates der DDR. Als Präsident des DDR-Komitees für europäische Sicherheit und Zusammenarbeit erwarb er sich ebenfalls große Anerkennung und arbeitete in zahlreichen Gremien für Abrüstung und Völkerverständigung mit.

In seinen wissenschaftlichen Arbeiten zur Gasentladungsphysik beschäftigte sich STEENBECK bis 1945 in etwa 50 Abhandlungen mit grundlegenden Untersuchungen über die Entwicklung und Zündung von Entladungen, über die positive Säule, über die Ähnlichkeitsgesetze und über das Plasma. 1935 publizierte er gemeinsam mit VON ENGEL ein Buch über „Elektrische Gasentladungen“, das ebenso wie der zusammenfassende Bericht über den Plasmazustand der Gase, den er 1941 gemeinsam mit ROMPE veröffentlichte, große Bedeutung erlangte. Sein Anteil an der Entwicklung der Gleichrichter wie auch der Bau des ersten funktionierenden Betatrons in den Jahren 1933 bis 1935 gehören ebenfalls zu den herausragenden Leistungen. Auf dem Gebiet der Kerntechnik fand vor allem die unter seiner Leitung entwickelte Methode zur Trennung der Uranisotope größte internationale Beachtung.

Zu seinen bedeutendsten wissenschaftlichen Arbeiten zählten seit Ende der 50er Jahre jene über die Entstehung planetarer, stellarer und kosmischer Magnetfelder



ROBERT ROMPE

auf der Grundlage der von ihm entwickelten Magnetohydrodynamik turbulenter Medien.

Insgesamt publizierte er nahezu 400 Arbeiten aus verschiedensten Gebieten.

STEENBECK erhielt zahlreiche Ehrungen und Auszeichnungen. Er wurde Ehren doktor und Ehrensator der Universität Jena und Auswärtiges Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Er erhielt u. a. folgende Auszeichnungen: Vaterländischer Verdienstorden der DDR in Gold, Hervorragender Wissenschaftler des Volkes, Stern der Völkerfreundschaft der DDR in Gold, Lomonossow-Medaille der AdW der UdSSR in Gold und Orden der Völkerfreundschaft der UdSSR in Gold.

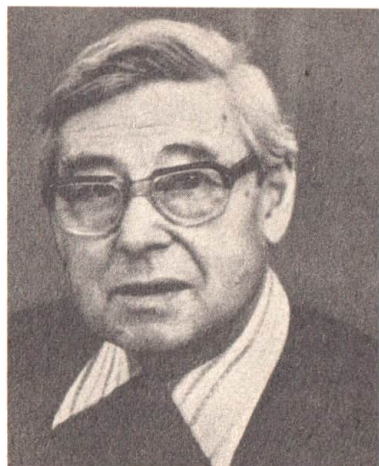
ROBERT ROMPE wurde am 10. September 1905 im damaligen St. Petersburg geboren. In Berlin studierte er von 1923 bis 1930 Physik und Fernmeldetechnik und arbeitete als Assistent bei PRINGSHEIM. 1930 promovierte er mit einer spektroskopischen Arbeit. Während seines Studiums arbeitet er in verschiedenen Berliner Betrieben, u. a. im Prüffeld einer Radiofabrik. Von 1930 bis 1945 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung der Osram K. G. in Berlin tätig. Er lieferte wesentliche Beiträge zur Lichterzeugungstechnik und war beteiligt an der Entwicklung moderner energiesparender Lichtquellen und spezieller Höchstdrucklichtquellen. 1932 trat ROMPE in die Kommunistische Partei Deutschlands ein. Er nahm am antifaschistischen Widerstandskampf teil und stellte sich nach dem Sieg der Sowjetarmee 1945 für den demokratischen Neuaufbau zur Verfügung. Als Leiter der Hauptabteilung Hochschulen und wissenschaftliche Institutionen in der Deutschen Zentralverwaltung für Volksbildung war er von 1945 bis 1949 für den Aufbau und die Tätigkeit dieser Einrichtungen verantwortlich. 1946 wurde ROMPE zum Professor und Direktor des II. Physikalischen Instituts an die Humboldt-Universität berufen. Die Akademie übertrug ihm 1950 die Leitung des Instituts für Strahlungsquellen und wählte ihn 1953 zu ihrem Mitglied.

1958 übernahm er die Leitung des Physikalisch-Technischen Instituts und von 1969 bis zur Emeritierung 1970 des Zentralinstituts für Elektronenphysik der Akademie. ROMPE wurde nach 1945 Mitglied des Zentralkomitees der Kommunistischen Partei Deutschlands und gehörte von 1946 bis 1949 dem Parteivorstand der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands an. Seit 1958 ist er Mitglied des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands. Gegenwärtig ist er Vorsitzender der Physikalischen Gesellschaft der DDR, Vorsitzender der Klasse Physik an der Akademie der Wissenschaften und Mitglied weiterer wissenschaftlicher Gremien. Dem Forschungsrat der DDR gehört er seit dessen Gründung an.

Seine wissenschaftlichen Leistungen haben hauptsächlich die Plasma- und die Festkörperphysik befruchtet. Er veröffentlichte 1939 mit STEENBECK im Jahrbuch „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften“ eine Monographie über den „Plasmazustand der Gase“, die weltweit als erste gültige Monographie über den vierten Aggregatzustand der Materie anerkannt wurde. Auch das zehn Jahre später mit WEIZEL verfaßte Werk „Theorie elektrischer Lichtbögen und Funken“ zählte zu den Standardwerken der Plasmaphysik. Bereits Mitte der 30er Jahre begann ROMPE sich mit Problemen der Biophysik zu beschäftigen. In Zusammenarbeit mit RIEHL, MÖGLICH und TIMOFEEFF-RESSOVSKY wurden beachtliche Erkenntnisse zur Frage der Energiewandlung und der Rolle der thermischen Fluktuation erzielt. In dieser Zeit nahm er mit MÖGLICH auch Untersuchungen zur Festkörperphysik auf. Sein Interesse für Isolatoren, Photoleiter und Kristallphosphore erwies sich auch für spätere Arbeiten zur Halbleitertechnik als außerordentlich nützlich. In den 50er und 60er Jahren galt sein Interesse Problemen des elektrischen Durchschlages und plasmähnlichen Erscheinungen in Halbleitern.

In den letzten Jahren hat sich ROMPE gemeinsam mit TREDER verstärkt zu grundlegenden Fragen der Physik in mehreren Wissenschaftlichen Taschenbüchern geäußert. Seine über 180 Veröffentlichungen dokumentieren aber auch sein großes Interesse an wissenschaftspolitischen Fragen und sein Engagement für die Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse zum Nutzen der Gesellschaft. ROMPE wurde für seine Leistungen mit höchsten Auszeichnungen, u. a. mit dem Karl-Marx-Orden und der Goldenen Ehrenspange der Akademie, geehrt. Er ist Verdienter Wissenschaftler des Volkes, Ehrenmitglied des Forschungsrates der DDR, Ehrendoktor der Berliner und der Greifswalder Universität sowie der Technischen Hochschule Magdeburg und der Pädagogischen Hochschule Potsdam. Die Tschechoslowakische Akademie wählte ihn zum Auswärtigen Mitglied und die Ungarische Akademie zum Ehrenmitglied.

PAUL GÖRLICH wurde am 7. Oktober 1905 in Dresden geboren. An der Technischen Hochschule Dresden studierte er Physik und promovierte daselbst 1932 bei DEMBER mit einer Arbeit über den äußeren lichtelektrischen Effekt in Flüssigkeiten. Im selben Jahr begann er bei Zeiss-Ikon Dresden, wo er sich als Laborleiter bis 1945 hauptsächlich mit Fragen der Photoempfänger beschäftigte. Durch die 1935 erstmalig aus einer Wismut-Antimon-Legierung hergestellten Katoden für den äußeren lichtelektrischen Effekt steigerte er die Quantenausbeute um Größenordnungen.



PAUL GÖRLICH

Ebenfalls als grundlegend sind seine Arbeiten für die Cäsium-Antimon-Katode auf dem Gebiet der Sekundärelektronenvervielfacher und der Bildwandler zu bezeichnen. Mit einer Arbeit über die Bedeutung der von ihm erfundenen Legierungskathoden habilitierte er sich 1942 an der Technischen Hochschule Dresden. GÖRLICH schrieb zwei Bücher über „Photozellen“ und über „Die Anwendung von Photozellen“, die weltweit als Standardwerke auf diesem Gebiet angesehen wurden. Letzteres hatte er während seiner von 1946 bis 1952 andauernden Tätigkeit in der optischen Industrie der Sowjetunion verfaßt und veröffentlicht. Nach seiner Rückkehr war er beim VEB Carl Zeiss Jena wissenschaftlicher Hauptleiter und von 1960 bis 1971 Forschungsdirektor. Die Jenaer Universität berief ihn 1952 zum Dozenten und 1954 zum Professor für Festkörperphysik. 1955 wurde er Mitglied der Akademie der Wissenschaften und von 1959 bis 1971 war er Direktor am Institut für Optik und Spektroskopie der Akademie mit besonderer Verantwortung für den Bereich Optik.

GÖRLICHs wissenschaftliche Leistungen sind in mehr als 200 Veröffentlichungen über Probleme der Strahlungsempfänger, der Festkörper- und Laserphysik, der nichtlinearen Optik, der Spektroskopie und des wissenschaftlichen Gerätebaus niedergelegt. Der erfolgreiche Industriephysiker hat auch große Verdienste bei der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, insbesondere in der schwierigen Phase des Übergangs von der Universität in die Praxis.

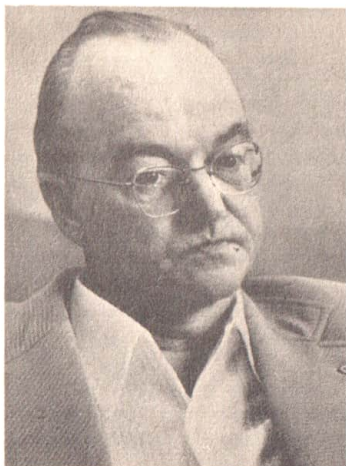
GÖRLICH wurde durch zahlreiche Auszeichnungen und Berufungen in wissenschaftliche Gremien geehrt. So ist er u. a. Nationalpreisträger, Verdienter Techniker des Volkes und Träger der Goldenen Ehrennadel der Kammer der Technik. Die Leipziger Universität und die Technische Universität Dresden verliehen ihm die Ehrendoktorwürde.

MANFRED VON ARDENNE wurde am 20. Januar 1907 in Hamburg geboren. Bereits als Kind zeigte er außerordentliches Interesse an physikalisch-technischen Fragen und



meldete 16jährig sein erstes Patent an. Ab 1925 studierte er vier Semester Physik, Chemie und Mathematik an der Berliner Universität. Er setzte seine wissenschaftliche Ausbildung als „Spezialstudium in Permanenz“ [7; S. 59] selbst fort. 1928 begann er in Berlin-Lichterfelde ein privates Forschungsinstitut aufzubauen, das er bis 1945 leitete und an dem namhafte Wissenschaftler, u. a. HOUTERMANS, mitarbeiteten. Von 1945 bis 1955 war VON ARDENNE in der Sowjetunion tätig. In Su-chumi wirkte er am Aufbau eines Instituts für elektronische Physik und wurde dessen Leiter. Nach seiner Rückkehr 1955 gründete er in Dresden ein Forschungsinstitut und baute es in den Folgejahren ständig aus. 1956 ernannte ihn die Technische Hochschule Dresden zum Honorarprofessor. Mit Gründung des Forschungsrates der DDR 1957 wurde er dessen Mitglied. 1963 wurde VON ARDENNE in die Volkskammer der DDR gewählt, der er gegenwärtig bereits in der fünften Legislaturperiode angehört. Das heute nahezu 500 Mitarbeiter zählende Forschungsinstitut, das von ihm nach wie vor geleitet wird und seinen Namen trägt, genießt große nationale und internationale Anerkennung und zeichnete sich durch seine große Praxisverbundenheit aus. VON ARDENNE war bereits in den 20er Jahren an zahlreichen Erfindungen und Entwicklungen in der Rundfunktechnik beteiligt. 1930 begann er mit Elektronenstrahlröhren die Grundlage für die heutige Fernsehtechnik zu schaffen. Die erste elektronische Fernsehübertragung eines Filmes führte er 1931 auf der Berliner Funkausstellung vor. Wegen seiner Arbeiten auf dem Gebiet der Elektronenmikroskopie in den 30er und 40er Jahren wird er zu den Pionieren dieser Entwicklung gezählt.

Während seiner Tätigkeit in der Sowjetunion war er mit kernphysikalischen Fragen beschäftigt. Nach seiner Rückkehr arbeitete er u. a. erfolgreich an einem ionenoptisch verbesserten Verfahren zur magnetischen Isotopentrennung, am Elektronenstrahl-Mehrkammerofen-Verfahren, der Entwicklung des Plasmafeinstrahlbrenners und biomedizinischer Technik. Seit etwa 20 Jahren widmet er sich besonders medizinischen Problemen.



KLAUS FUCHS

Der von ihm 1977 entdeckte Sauerstoff-Mehrschritt-Regenerationsprozeß und die Entwicklung der Krebs-Mehrschritt-Therapie fanden breite internationale Beachtung. VON ARDENNE hat 30 Bücher veröffentlicht und kann auf mehr als 430 weitere Veröffentlichungen verweisen. Die Ergebnisse der Forschungs- und Entwicklungsarbeit von ihm und seinen Mitarbeitern sind in mehr als 600 erteilten Patenten niedergelegt. Für seine Leistungen wurde er u. a. mit dem Staats- und dem Leninpreis der UdSSR sowie dem Vaterländischen Verdienstorden der DDR ausgezeichnet. Er ist Nationalpreisträger und Ehrenmitglied des Forschungsrates der DDR. Die Universität Greifswald, die Medizinische Akademie Dresden und die Pädagogische Hochschule Dresden verliehen ihm die Ehrendoktorwürde.

KLAUS FUCHS wurde am 29. Dezember 1911 in Rüsselsheim/Main geboren. Von 1930 bis 1932 studierte er Mathematik an den Universitäten Leipzig und Kiel. 1930 trat er in die Sozialdemokratische Partei Deutschlands ein und wechselte 1932 zur konsequent den Faschismus bekämpfenden Kommunistischen Partei Deutschlands über. Sein Kampf gegen die Gefahr des aufkommenden Faschismus machte ihn bei den braunen Machthabern verhaßt. Sie zwangen ihn, nach der Errichtung der faschistischen Diktatur seine Heimat zu verlassen. Er setzte sein Studium in England auf dem Gebiet der theoretischen Physik fort und promovierte 1936 bei MOTT in Bristol mit einer Arbeit über Kohäsionskräfte in metallischem Kupfer im Rahmen des quantenmechanischen Modells. Von 1937 bis 1941 arbeitete FUCHS bei BORN in Edinburgh an Problemen der statistischen Mechanik kondensierender Systeme, der Kernphysik und der Feldtheorie. 1939 habilitierte er an der Universität in Edinburgh. 1941 entschloß er sich angesichts der Gefahren, die sich aus einer möglichen militärischen Nutzung der Kernspaltung durch das faschistische Deutschland andeuteten, an den in England beginnenden Arbeiten zur militärischen Nutzung der Kernenergie mitzuarbeiten. Von 1943 bis 1946 arbeitete FUCHS als Mitglied der englischen Delegation beim amerikanischen „Manhattan“-Projekt in New York

und Los Alamos an Problemen der Isotopentrennung und an Fragen der Implosionstechnik. Anschließend übernahm er im neugegründeten britischen Atomforschungszentrum Harwell die Leitung des Bereichs Theorie. Er beschäftigte sich mit Problemen der Entwicklung von Leistungsreaktoren, u. a. von schnellen Brutreaktoren. 1950 schlug man ihn zum Mitglied der Royal Society vor. Im selben Jahr wurde er wegen seines konsequenten Eintretens gegen den Mißbrauch der Forschungsergebnisse für eine imperialistische Macht- und Einschüchterungspolitik zu einer 14jährigen Freiheitsstrafe verurteilt. 1959 kam FUCHS in die DDR. Von 1959 bis 1974 war er Stellvertretender Direktor des Zentralinstituts für Kernforschung in Rossendorf, wo er auch zehn Jahre den Bereich Theoretische Physik leitete. 1963 wurde er zum Professor für Theoretische Physik an die Technische Universität Dresden berufen. Seit 1967 ist FUCHS Mitglied des Zentralkomitees der SED. 1972 wurde er Mitglied der Akademie der Wissenschaften. Diese übertrug ihm von 1974 bis 1979 die Leitung des Forschungsbereiches Physik, Kern- und Werkstoffwissenschaften. Heute leitet er die Wissenschaftlichen Räte für energetische Grundlagenforschung und für Grundlagen der Mikroelektronik.

FUCHS ist ein international anerkannter Wissenschaftler auf dem Gebiet der theoretischen Physik. Seine wissenschaftlichen Leistungen sind in insgesamt mehr als 100 Publikationen niedergelegt. Sie umfassen Probleme, die von der Festkörperphysik über die Kernphysik und Kernenergetik, die Thermodynamik bis zur Relativitäts- und Quantenfeldtheorie reichen. Dazu kommen Beiträge zu philosophischen Problemen der modernen Naturwissenschaft und zu anderen grundsätzlichen Fragen der Wissenschaftsentwicklung im Sozialismus. Er entfaltete eine umfangreiche publizistische und propagandistische Tätigkeit zur Friedenssicherung. Er wurde mit höchsten Auszeichnungen, u. a. mit dem Karl-Marx-Orden, dem Vaterländischen Verdienstorden und dem Nationalpreis, geehrt.

Literatur zur Entwicklung der Physik in der DDR

- [1] Rompe, R.: Objektive und subjektive Bedingungen für die Forschung und Ausbildung nach der Zerschlagung des Faschismus. In: 30 Jahre Physik in der DDR, Physikalische Gesellschaft der DDR, Berlin 1979.
- [2] Recknagel, A.: Der Wiederaufbau der physikalischen Forschung an der Technischen Hochschule Dresden. In: 30 Jahre Physik in der DDR, Physikalische Gesellschaft der DDR, Berlin 1979.
- [3] Hachenberg, O., Möglich, F., Rompe, R., Seeliger, R.: Denkschrift an den Herrn Präsidenten der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1952, AdW der DDR, Archiv, Sign. III/5/297.
- [4] Rompe, R.: In: Protokoll der konstituierenden Sitzung der Sektion Physik bei der DAdW zu Berlin am 13. Mai 1953, AdW der DDR, Archiv, Sign. III/7/328.
- [5] Auth, J.: 30 Jahre DDR – 30 Jahre erfolgreiche Entwicklung der Physik in der DDR. Vortrag zum Festkolloquium, Physikalische Gesellschaft der DDR, Berlin 1979.
- [6] Unter Nutzung von unveröffentlichten Zusammenstellungen der Vorsitzenden der Hauptforschungsrichtungen aus dem Jahre 1979.
- [7] Ardenne, M. v.: Ein glückliches Leben für Technik und Forschung. Verlag der Nation, Berlin 1972.

Literaturverzeichnis zur Geschichte der Physik

Diese Literatur wurde auch bei der Erarbeitung der Überblicke benutzt.

- Bernal, J. D.: Die Wissenschaft in der Geschichte. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1967.
- Dijksterhuis, E. I.: Die Mechanisierung des Weltbildes. Springer-Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg 1956.
- Dorfman, Ja. G.: Wsemirnaja istorija fiziki s drevncjsich wremen do konza XIII weka, Moskwa 1974.
- Dorfman, Ja. G.: Wsemirnaja istorija fiziki s natschala XXIX do serediny XX weka, Moskwa 1979.
- Gerland, E. und F. Traummüller: Geschichte der physikalischen Experimentierkunst. Verlag von Wilhelm Engelmann Leipzig 1899.
- Harig, G.: Physik und Renaissance. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1981.
- Harig, G.: Die Tat des Kopernikus. Urania-Verlag Leipzig/Jena/Berlin 1962.
- Herneck, F.: Bahnbrecher des Atomzeitalters, 5. Auflage. Buchverlag Der Morgen Berlin 1970.
- Hoppe, E.: Geschichte der Physik. Verlag von Vieweg und Sohn Braunschweig 1926.
- Hörz, H.: Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1974.
- Hörz, H.: Materiestruktur, Dialektischer Materialismus und Elementarteilchenphysik. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1971.
- Hund, F.: Geschichte der Quantentheorie. Bibliographisches Institut Mannheim 1967.
- Joffe, A. F.: Begegnungen mit Physikern. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1967.
- Kudrjanzew, P. S.: Istorija fiziki. T. 1. u. 2. 2. Auflage Moskwa 1982.
- Kuznecov, B. G.: Von Galilei bis Einstein. Entwicklung der physikalischen Ideen, Akademie-Verlag Berlin 1970.
- Laue, M. v.: Geschichte der Physik. Athenäum-Verlag Bonn 1950.
- Lexikon Geschichte der Physik A–Z (hrsg. v. A. Hermann) Aulis Verlag Köln 1972.
- Ramsauer, C.: Grundversuche der Physik in historischer Darstellung. Springer-Verlag Berlin/Heidelberg/Göttingen 1953.
- Rosenberger, F.: Die Geschichte der Physik in Grundzügen. 3 Bde. Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn Braunschweig 1882, 1884, 1887 bis 1890.
- Physiker über Physiker, Wahlvorschläge zur Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie 1870 bis 1929. Bearbeitet von C. Kirsten und H.-G. Körber, Akademie-Verlag Berlin 1975.
- Physiker über Physiker II Antrittsreden. Erwiderungen bei der Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie. Gedächtnisreden 1870 bis 1929. Bearbeitet von C. Kirsten, H.-G. Körber und B. Lange, Akademie-Verlag Berlin 1975.
- Rompe, R., Treder, H.-J.: Grundfragen der Physik. Akademie-Verlag, Berlin 1980.
- Sowjetmacht und Wissenschaft. Dokumente zur Rolle Lenins bei der Akademie der Wissenschaften, Hrsg. von H.-G. Körber und B. Lange, Akademie-Verlag Berlin 1975.
- Treder, H.-J.: Große Physiker und ihre Probleme. Studien zur Geschichte der Physik. Akademie-Verlag Berlin 1983.
- Wußing, H. (Hrsg.): Geschichte der Naturwissenschaften. Verlag Edition Leipzig 1983.

Personenverzeichnis

Bei lebenden deutschen Wissenschaftlern des 20. Jahrhunderts wurde in eckigen Klammern die jeweilige Staatsangehörigkeit bzw. das gegenwärtige Aufenthaltsland hinzugefügt; ebenso wurde verfahren bei Wissenschaftlern, die nach Bildung der zwei deutschen Staaten verstarben.

ABBE, ERNST 94, 115 bis 122

AEPINUS, FRANZ ULRICH MARIA THEODOSIUS (1724 bis 1802) deutsch-russischer Physiker; Elektrizitätslehre 41

AGTE, CURT (1896 bis 1972) deutscher Chemiker [DDR]; Werkstoffkunde, Hartmetallforschung 334

ALBRECHT, GÜNTER (geb. 1930) deutscher Physiker [DDR]; Tieftemperaturphysik, Mikroelektronik 345

D'ALEMBERT, JEAN LE ROND (1717 bis 1783) französischer Mathematiker und Schriftsteller; Dynamik 80, 130

ALEXANDER, KARL-FRIEDRICH (geb. 1925) deutscher Physiker [DDR]; Kernphysik, Plasmaphysik 339, 341

ALEXANDER VON MAKEDONIEN (356 v. u. Z. bis 323 v. u. Z.) König von Makedonien, antiker Heerführer 11, 12, 21, 25

AMALDI, EDOARDO (geb. 1908) italienischer Physiker; Kernphysik 296, 297

AMPÈRE, ANDRÉ MARIE 86, 90, 111, 129 bis 137, 139, 248, 278

ANAXIMENES (um 584 v. u. Z. bis 525 v. u. Z.) griechischer Philosoph 14

ANDERSON, CARL DAVID (geb. 1905) amerikanischer Physiker; Kern- und Strahlenphysik 195, 298

APPOLLONIUS (um 262 v. u. Z. bis um 190 v. u. Z.) griechischer Mathematiker 12, 13, 26

ARAGO, DOMINIQUE FRANÇOIS (1786 bis 1853) französischer Physiker und Astronom; Elektrizitätslehre, Optik 109, 111 bis 115, 137

ARCHIMEDES 12, 13, 16, 26 bis 30, 34, 37, 51

ARDENNE, MANFRED VON (geb. 1907) deutscher Techniker und Erfinder [DDR]; Rundfunk- und Fernsehtechnik, Elektronenmikroskopie, Werkstoffkunde, Biomedizinische Technik 330, 346, 352, 353, 354, 356

ARISTARCH (etwa 320 bis 250 v. u. Z.) antiker

Astronom und Mathematiker 13

ARISTOTELES 12, 13, 15 bis 17, 20 bis 25, 33, 40, 47, 57, 60, 129

ASTON, FRANCIS WILLIAM (1877 bis 1945) englischer Physiker und Chemiker; Massenspektroskopie 195

AUTH, JOACHIM (geb. 1930) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 330, 355

† BALMER, JOHANN JAKOB (1825 bis 1898) Schweizer Mathematiker und Physiker; Wasserstoffspektrum 92, 195, 238, 239

BARBÉRINI, MAFFEO, siehe URBAN VIII.

BARDEEN, JOHN (geb. 1908) amerikanischer Physiker; Transistorentechnik 200

BARROW, ISAAC (1630 bis 1677) englischer Theologe und Mathematiker; Optik 76, 77, 83

BASSOW, NIKOLAI GENNADIEWITSCH (geb. 1922) sowjetischer Physiker; Quantenelektronik, Maser, Laser 200, 201

BEQUEREL, HENRI (1852 bis 1908) französischer Physiker; Radioaktivität 194, 225, 226, 228, 230, 265

BEHAIM, MARTIN (1459 bis 1507) deutscher Kosmograph 35

BELL, ALEXANDER GRAHAM (1847 bis 1922) amerikanischer Physiologe und Erfinder; Telefon 154

BERLINER, ARNOLD (1862 bis 1942) deutscher Physiker; Elektrizitätslehre 155

BERNOULLI, DANIEL (1700 bis 1782) Schweizer Mathematiker; Hydrodynamik, Akustik 42, 87, 89, 101

BERTHEL, KARL-HEINZ (geb. 1934) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 335

BESSEL, FRIEDRICH WILHELM (1784 bis 1846) deutscher Astronom und Mathematiker 58

BETHE, HANS ALBRECHT (geb. 1906) deutscher Physiker [USA]; Theoretische Physik 199, 323

BETHGE, HEINZ (geb. 1919) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 335

- BEWILOGUA, LUDWIG (1906 bis 1983) deutscher Physiker [DDR]; Tieftemperaturphysik und -technik 334
- BIOT, JEAN-BAPTISTE (1774 bis 1862) französischer Physiker; Lichttheorie, Saccharimetrie 109, 112
- BLACK, JOSEPH (1728 bis 1799) schottischer Chemiker und Physiker; Wärmelehre, Gleichgewichtsvorgänge 42, 97
- BLACKËTT, PATRICK MAYNARD STUART (1897 bis 1974) englischer Physiker; Atomphysik 196
- BLOCH, FELIX (geb. 1905) schweiz.-amerikanischer Physiker; Atom- und Kernphysik 195, 199, 283, 286
- BLOCHINZEW, DMITRI IWANOWITSCH (geb. 1908) sowjetischer Physiker; Kernforschung, Festkörpertheorie 221, 309
- BOHR, AAGE (geb. 1922) dänischer Physiker; Theoretische Physik 242
- BOHR, HARALD (1887 bis 1951) dänischer Mathematiker 237, 243
- BOHR, NIELS 195, 206, 233, 237 bis 246, 252, 260, 274, 275, 277, 278, 281 bis 283, 286, 295
- DU BOIS-REYMOND, EMIL (1818 bis 1896) deutscher Physiologe und Physiker; Elektrizitätslehre 171
- BOLTZMANN, LUDWIG EDUARD (1844 bis 1906) österreichischer Physiker; Statistische Physik, Strahlungsvorgänge 89, 104, 105, 108, 174, 183, 203, 204, 275
- BORN, MAX (1882 bis 1970) deutscher Physiker; Quantenmechanik, Kristalle 192, 195, 241, 259, 272, 274, 277, 281 bis 283, 286, 287, 296, 299, 302, 323, 347, 348, 354
- BOTHE, WALTER (1891 bis 1957) deutscher Physiker [BRD]; Atomphysik 267
- BOULTON, MATTHEW (1728 bis 1809) englischer Techniker und Industrieller 98, 99, 101
- BOYLE, ROBERT (1627 bis 1691) irischer Naturforscher; Gasgesetze, Wärmelehre 66
- BRAHE, TYCHO (1546 bis 1601) dänischer Astronom 36, 45, 48, 49
- BRANLY, EDOUARD (1846 bis 1940) französischer Mediziner und Physiker; Funktechnik, Wärmestrahlung 148
- BRATTAIN, WALTER HOUSER (geb. 1902) amerikanischer Physiker; Halbleiter 200
- BRAUN, KARL FERDINAND (1850 bis 1918) deutscher Physiker; Funktechnik, Elektronik 94, 149, 151, 152
- BRIDGMAN, PERCY WILLIAMS (1882 bis 1961) amerikanischer Physiker; Kernphysik, Hochdruckphysik, Philosophie 299
- DE BROGLIE, LOUIS VICTOR 108, 129, 137, 195, 272 bis 280
- DE BROGLIE, MAURICE (1875 bis 1960) französischer Physiker; Kernphysik 272, 273, 278
- BROWN, ROBERT (1773 bis 1858) schottischer Botaniker 248
- BRÜCKE, ERNST WILHELM (1819 bis 1892) deutscher Physiologe 171
- BRUNO, GIORDANO (1548 bis 1600) italienischer Naturphilosoph 36, 56
- BUCHWALD, EBERHARD (1886 bis 1975) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik 325
- BUFFON, GEORGES LOUIS LECLERC DE (1707 bis 1788) französischer Naturforscher 113
- BUNSEN, ROBERT WILHELM (1811 bis 1899) deutscher Chemiker und Physiker; Gaschemie, Spektralanalyse 173, 177, 179 bis 181, 183
- BURIDAN, JOHANNES (um 1300 bis nach 1358) französischer Gelehrter; Philosophie, Logik, aristotelische Physik, Impetustheorie 33
- CARLISLE, ANTHONY (1768 bis 1840) englischer Gelehrter; Elektrochemie 90
- CARNOT, LAZARE NICOLAS MARGUERITE (1753 bis 1823) französischer Mathematiker, Ingenieur und Staatsmann 86, 100
- CARNOT, SADI 88, 96 bis 102, 104
- CARTWRIGHT, EDMUND (1743 bis 1823) englischer Techniker und Erfinder 84
- CASSINI, GIOVANNI DOMINIQUE (1625 bis 1712) italienisch-französischer Astronom 39
- CAUCHY, AUGUSTIN LOUIS (1789 bis 1857) französischer Mathematiker; Mathematische Physik 86
- CAVENDISH, HENRY (1731 bis 1810) englischer Gelehrter; Gaschemie, Elektrizitätslehre 143, 231, 233, 236, 238, 312
- CELSIUS, ANDERS (1701 bis 1744) schwedischer Astronom; Erdmessung, Temperaturmessung 42
- CHADWICK, JAMES (1891 bis 1974) englischer Physiker; Atomphysik 195, 233, 236, 267
- CLAPEYRON, BENOIT-PIERRE-EMILE (1799 bis 1864) französischer Ingenieur; Thermodynamik 88
- CLAUSIUS, RUDOLF JULIUS EMANUEL (1822 bis 1888) deutscher Physiker; Wärmelehre,

- Thermodynamik 88, 89, 101, 102, 104, 105, 108, 202
- COCKROFT, JOHN DOUGLAS (1897 bis 1967) englischer Physiker; Kernphysik 196, 234
- COMPTON, ARTHUR HOLLY (1892 bis 1962) amerikanischer Physiker; Atomphysik 273, 300
- CONDORCET, MARIE JEAN ANTOINE DE (1743 bis 1794) französischer Mathematiker und Philosoph 13
- COPERNICUS (KOPERNIKUS), NIKOLAUS (1473 bis 1543) polnischer Astronom 35, 36, 42, 44, 45, 49, 50, 52, 56, 63, 246, 322
- COTES, ROGER (1682 bis 1716) englischer Mathematiker; Mathematische Physik 81, 83
- COULOMB, CHARLES AUGUSTIN (1736 bis 1806) französischer Physiker; Maschinentheorie, Magneto- und Elektrostatik 41, 131, 134
- CURIE, MARIE 194, 224 bis 231, 265, 266, 270, 271
- CURIE, PIERRE 194, 224 bis 231, 265, 270
- DAVISSON, CLINTON JOSEPH (1881 bis 1958) amerikanischer Physiker; Kernphysik 274, 279
- DAVY, HUMPHRY (1778 bis 1829) englischer Chemiker und Physiker; Elektrochemie 88, 90, 125, 139, 140, 144
- DEBYE, PETER JOSEPH WILHELM (1884 bis 1966) niederländischer Physiker; Strukturanalyse 218, 258, 283, 287
- DEMBER, HARRY (1883 bis 1943) deutscher Physiker [USA]; Festkörperphysik, Kristallfotoeffekte 351
- DEMOKRIT (um 460 v. u. Z. bis 371 v. u. Z.) griechischer Philosoph und Mathematiker; Atomistik 11, 14, 15, 17, 19, 37, 52
- DESCARTES, RENÉ (1596 bis 1650) französischer Philosoph, Mathematiker und Naturforscher; Optik, Wirbeltheorie 38, 39, 78, 79
- DIDEROT, DENIS (1713 bis 1784) französischer Philosoph und Schriftsteller 130
- DIESEL, RUDOLF (1858 bis 1913) deutscher Techniker; Maschinentheoretiker, Motoren 94, 105, 108
- DIRAC, PAUL ADRIEN MAURICE (geb. 1902) englischer Physiker; Wellenmechanik, Quantentheorie 195, 277, 296, 318, 320
- DIRICHLET, PETER GUSTAV LEJEUNE (1805 bis 1859) deutscher Mathematiker; Potentialtheorie 124
- DORFMAN, JAKOW GRIGORJEWITSCH (geb. 1898) sowjetischer Physiker; Magnetismus 219
- DRUDE, PAUL KARL LUDWIG (1863 bis 1906) deutscher Physiker; Lichttheorie 238
- DUFAY, CHARLES FRANÇOIS DE CISTERNAY (1698 bis 1739) französischer Naturforscher; Luftdruck, Elektrizität 41
- EASTMAN, GEORGE (1854 bis 1932) amerikanischer Erfinder 157
- EBELING, WERNER (geb. 1936) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik 338, 345
- ECKARDT, ALFRED (1903 bis 1980) deutscher Physiker [DDR]; Kernphysik, Experimentalphysik 325, 341
- EDER, FRANZ XAVER (geb. 1914) deutscher Physiker [BRD]; Tieftemperaturphysik 325
- EDISON, THOMAS ALVA 91, 93, 152 bis 163, 178
- EHRENFEST, PAUL (1880 bis 1933) österreichischer Physiker; Statistische Mechanik, Quantentheorie 219, 220, 223, 296, 299, 317, 318, 320, 322
- EINSTEIN, ALBERT 83, 92, 138, 192 bis 194, 197, 198, 200, 206, 215, 239, 242, 246 bis 257, 266, 272, 274, 275 bis 277, 281, 283, 291, 298, 318, 322, 323, 345
- EISENKOLB, FRIEDRICH JOHANN (1901 bis 1967) deutscher Chemiker [DDR]; Werkstoffkunde 334
- EMPEDOKLES (um 496 v. u. Z. bis um 435 v. u. Z.) griechischer Philosoph und Naturforscher; klassische Elementelehre 12, 22, 24
- ENGEL, ALFRED HANS v. (geb. 1898) deutscher Physiker [GB]; Plasmaphysik 349
- ENGELS, FRIEDRICH (1820 bis 1895) Mitbegründer des wissenschaftlichen Sozialismus 20, 25, 35, 42, 56, 84, 85, 90, 92, 93, 95, 98, 102, 164, 169, 170
- EPIKUR (342/341 v. u. Z. bis 271/270 v. u. Z.) griechischer Philosoph 15
- EPSTEIN, PAUL SOPHUS (1883 bis 1966) polnisch-amerikanischer Physiker; Quantentheorie 240
- ERATOSTHENES (um 276 v. u. Z. bis um 195 v. u. Z.) hellenistischer Mathematiker und Geograph 12, 26, 30
- ERMAN, PAUL (1764 bis 1851) deutscher Physiker; Elektrizitätslehre 127
- ERTEL, HANS (1904 bis 1971) deutscher Geophysiker [DDR]; Geophysik, Meteorologie 327

- EUDOXOS (um 408 v. u. Z. bis 355 v. u. Z.) hellenistischer Mathematiker und Astronom 13, 24
- EUKLID (um 365 v. u. Z. bis um 300 v. u. Z.) hellenistischer Mathematiker; Optik, Musiktheorie 12, 17, 26, 51, 251, 252
- EULER, LEONHARD (1707 bis 1783) Schweizer Mathematiker, Physiker und Astronom; Optik, Akustik, Hydrodynamik 40, 49, 101
- EXNER, FRANZ (1849 bis 1926) österreichischer Physiker; Elektrizitätslehre 275
- FAHRENHEIT, GABRIEL DANIEL (1686 bis 1736) deutscher Physiker und Instrumentenbauer; Thermometer 42
- FAJANS, KASIMIR (1887 bis 1975) polnisch-amerikanischer Physikochemiker; Isotopie, Löslichkeit 195
- FALKENHAGEN, HANS (1895 bis 1971) deutscher Geophysiker [DDR]; Halbleiterphysik 325, 338
- FALTER, MATTIAS (geb. 1908) deutscher Physiker [DDR]; Halbleiterphysik 336
- FARADAY, MICHAEL 89, 90, 103, 106, 138 bis 145, 213, 235
- FAULSTICH, HELMUT (geb. 1914) deutscher Elektrotechniker [DDR]; Wissenschaftl. Gerätebau, Forschungstechnologie 341
- FECHNER, GUSTAV THEODOR (1801 bis 1887) deutscher Physiker und Psychologe; Galvanismus, Optik, Psychophysik, Philosophie 126, 129
- FEDDERSON, BEREND WILHELM (1832 bis 1918) deutscher Physiker; elektrische Schwingungen 106
- FERMAT, PIERRE DE (1601 bis 1665) französischer Mathematiker; Optik, Gravitation 39
- FERMI, ENRICO 192, 195 bis 197, 268, 291, 295 bis 303, 320
- FISCHER, EMIL (1852 bis 1919) deutscher Chemiker 288, 289
- FITZGERALD, GEORGE FRANCIS (1851 bis 1901) irischer Physiker; Elektromagnetismus, Ätherhypothese 249
- FIZEAU, ARMAND HIPPOLYTE (1819 bis 1896) französischer Physiker; Optik, Lichtgeschwindigkeit 40, 113
- FLJOROW, GEORGI NIKOLAJEWITSCH (geb. 1913) sowjetischer Physiker; Kernphysik 306
- FOK, WLADIMIR ALEXANDROWITSCH 317 bis 322
- FORD, HENRY (1863 bis 1947) amerikanischer Techniker und Industrieller 158
- FOUCAULT, JEAN BERNARD LÉON (1819 bis 1868) französischer Physiker und Astronom; Erddrehung, Teleskope 40, 58
- FOURIER, JEAN-BAPTISTE-JOSEPH DE (1768 bis 1830) französischer Mathematiker; mathematische Physik, Wärmelehre 86, 103, 106, 126, 127
- FRANCK, JAMES (1882 bis 1964) deutscher Physiker [BRD]; Atomphysik 192, 195, 197, 206, 242, 245, 258 bis 260, 263, 264, 281, 323
- FRANK, ILJA MICHAILOWITSCH (geb. 1908) sowjetischer Physiker; Kernphysik 192, 319, 320, 322
- FRANKLIN, BENJAMIN (1706 bis 1790) amerikanischer Politiker, Philosoph und Naturforscher; Elektrizitätslehre 41
- FRANZ, RUDOLPH (1826 bis 1902) deutscher Physiker; Wärmelehre 182
- FRAUNHOFER, JOSEPH VON (1787 bis 1826) deutscher Physiker; Optik 94, 116 bis 118, 122, 180
- FRENKEL, JAKOW ILJITSCH (1894 bis 1952) sowjetischer Physiker; Kernphysik, Quantenphysik 192, 195, 219, 221, 223
- FRESNEL, AUGUSTIN 74, 86, 92, 108 bis 115
- FRIEDRICH, WALTER (1883 bis 1968) deutscher Physiker [DDR]; Strahlenforschung 215
- FRISCH, OTTO ROBERT (1904 bis 1979) österreichischer Physiker; Kernphysik 292, 295
- FRÜHAUS, HANS (geb. 1904) deutscher Elektrotechniker [DDR]; Schwachstromtechnik 332
- FUCHS, KLAUS (geb. 1911) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik, Kernphysik 330, 341, 346, 354, 355
- GAEDE, WOLFGANG (1878 bis 1945) deutscher Physiker; Hochvakuumtechnik 64
- GALLILEI, GALILEO 15, 16, 36 bis 39, 41, 43, 45 bis 47, 50 bis 59, 60, 65, 67, 69, 75, 83, 246
- GALVANI, LUIGI (1737 bis 1798) italienischer Mediziner und Physiker; elektrische Erscheinungen 89, 124, 129
- GASSENDI, PIERRE (1592 bis 1655) französischer Philosoph und Physiker; Akustik, heliozentrisches Weltsystem 15, 38
- GAUSS, CARL FRIEDRICH (1777 bis 1855) deutscher Mathematiker, Physiker; Akustik, Potentialtheorie, Telegraphie, Maßsystem 135, 136
- GAY-LUSSAC, LOUIS-JOSEPH (1778 bis 1850)

- französischer Chemiker und Physiker; Gasgesetze 86, 88, 112, 139, 167
- GEHRCKE, ERNST (1878 bis 1960) deutscher Physiker [DDR]; Optik, Gasentladungsphysik 346
- GEIGER, HANS (1882 bis 1945) deutscher Physiker; Atom- und Kernphysik 226, 232, 233, 236, 237
- GEISSLER, HEINRICH (1815 bis 1879) deutscher Instrumentebauer; Elektrizitätslehre 64, 91
- GELL-MANN, MURRAY (geb. 1929) amerikanischer Physiker; Physik der Atomteilchen 285
- GERLACH, WALTER (1889 bis 1979) deutscher Physiker [BRD]; Atomphysik, Quantentheorie, Geschichte der Physik 50, 311
- GERMER, LESTER HALBERT (geb. 1896) amerikanischer Physiker; Kernphysik 274, 279
- GILBERT, WILLIAM (1540 bis 1604) englischer Mediziner; Magnetismus, Elektrizitätslehre 41
- GINSBURG, WITALI LASEREWITSCH (geb. 1916) sowjetischer Physiker; Radioastronomie, Thermodynamik, Wellenausbreitung in der Ionosphäre 200, 320, 322
- GOLDHAMMER, DMITRI ALEXANDROWITSCH (1860 bis 1922) russischer Physiker; Meteorologie, Magnetismus 174
- GOLOWIN, IGOR NIKOLAJEWITSCH (geb. 1913) sowjetischer Physiker; Kernphysik, Elektronik 307, 310
- GORDON, JAMES POWER (geb. 1928) amerikanischer Physiker; Kernphysik 200, 318
- GÖRLICH, PAUL (geb. 1905) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik, Optik 330, 340, 345, 346, 351, 352
- GOUDSMITH, SAMUEL ABRAHAM (geb. 1902) niederländisch-amerikanischer Physiker; Atomphysik 241
- GRAY, STEPHAN (um 1700 bis 1736) englischer Naturforscher; Elektrizitätslehre 41
- GRIMALDI, FRANCESCO MARIA (1618 bis 1663) italienischer Mathematiker und Physiker; Eigenschaften des Lichts 40, 110
- GUERICKE, OTTO VON 38, 41, 59 bis 66
- HAAS, WANDER JOHANNES DE (1878 bis 1960) niederländischer Mathematiker und Physiker; Magnetismus, Tiefsttemperaturen 253
- HABER, FRITZ (1868 bis 1934) deutscher Chemiker 208, 291
- HACHENBERG, OTTO (geb. 1911) deutscher Astrophysiker [BRD]; Radioastronomie, Festkörperphysik 327, 355
- HAHN, OTTO 196, 197, 232, 234, 268, 284, 287 bis 295, 297
- HALLEY, EDMOND (1656 bis 1743) englischer Astronom und Geophysiker 79, 80
- HALLWACHS, WILHELM (1859 bis 1922) deutscher Physiker; technische Physik, Lichtelektrizität 148, 248
- HALSKE, GEORG (1814 bis 1890) deutscher Techniker; Apparate- und Telegraphenbau 158, 159, 162, 163
- HAMILTON, WILLIAM ROWAN (1805 bis 1865) irischer Mathematiker und Physiker; Theoretische Optik, Mechanik 275
- HARGREAVES, JAMES (1740 bis 1778) englischer Techniker; Spinnmaschine 84
- HARTREE, DOUGLAS RAYNER (1897 bis 1958) englischer Physiker und Mathematiker; Berechnung atomarer Strukturen 318
- HASENÖHRL, FRIEDRICH (1874 bis 1915) österreichischer Physiker; Thermodynamik 275
- HEFNER-ALTENECK, FRIEDRICH VON (1845 bis 1904) deutscher Techniker; Elektrizitätslehre 160, 161
- HEISENBERG, WERNER 47, 192, 195, 196, 198, 241, 245, 252, 274, 278, 280 bis 287
- HEITLER, WALTER (1904 bis 1981) deutscher Physiker [Schweiz]; Theor. Physik 323
- HELMHOLTZ, HERMANN VON 89, 93, 95, 120, 127, 141, 146, 147, 151, 168, 170 bis 176, 181, 202, 203, 248, 249
- HENKEL, OTTO (geb. 1924) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 334
- HERAKLEIDES PONTIKOS (um 350 v. u. Z.) griechischer Gelehrter; Aufbau des Sonnensystems 13
- HERAKLIT (um 544 v. u. Z. bis um 483 v. u. Z.) griechischer Philosoph; dialektische und materialistische Grundauffassung der Welt 11, 14
- HERON (lebte im 1. Jh. u. Z.) hellenistischer Mathematiker, Physiker und Techniker; angewandte Mathematik, Automaten 12, 17, 19, 28 bis 30
- HERTZ, GUSTAV 152, 195, 206, 239, 258 bis 264, 330, 331, 337, 339
- HERTZ, HEINRICH 91, 92, 94, 145 bis 152, 174, 181, 204, 248, 258
- HILBERT, DAVID (1862 bis 1943) deutscher Mathematiker; Mathematische Physik 281, 318
- HIPPARCH (um 190 v. u. Z. bis 125 v. u. Z.) antiker Astronom 12, 13

- HITTORF, JOHANN WILHELM (1824 bis 1914) deutscher Physiker und Chemiker; Leitfähigkeitsuntersuchungen 91
- HOFMANN, ULRICH (geb. 1931) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 329
- HOOKE, ROBERT (1635 bis 1703) englischer Physiker und Mathematiker; physikalische Geräte, Licht- und Farbentheorie, elastische Dehnung 71, 78, 79, 81, 110
- HOPKINSON, JOHN (1849 bis 1898) englischer Techniker; Elektrizitätslehre 93
- HOUTERMANS, FRIEDRICH GEORG (1903 bis 1966) österreichischer Physiker; Kernphysik, Kosmische Strahlung 353
- HUND, FRIEDRICH (geb. 1896) deutscher Physiker [BRD]; Theoretische Physik 338
- HUYGENS, CHRISTIAAN 38 bis 40, 67 bis 75, 78, 112
- IBN AL-HAYTAM (Haitham, Alhazen) (um 965 bis um 1039) islamischer Universalgelehrter; Optik 32
- ILBERG, WALDEMAR (1901 bis 1967) deutscher Physiker [DDR]; Experimentalphysik 325
- IWANENKO, DMITR DMITRIJEWITSCH (geb. 1904) sowjetischer Physiker; Kernphysik 195
- JACOBI, CARL GUSTAV JACOB (1804 bis 1851) deutscher Mathematiker 178
- JACOBI, MORITZ HERMANN (1801 bis 1874) deutsch-russischer Physiker und Techniker; Elektrizitätslehre 90
- JOFFE, ABRAM FEDOROWITSCH 192, 216, 218 bis 224, 230, 270, 271, 279, 305, 306, 309 bis 311, 316, 317, 320
- JOLIOT-CURIE, FRÉDÉRIC 196, 265 bis 271
- JOLIOT-CURIE, IRÈNE 196, 227, 265 bis 271
- JORDAN, PASCUAL (1902 bis 1980) deutscher Physiker [BRD]; Quantentheorie, Philosophie der Physik, Biologie 195, 241, 283
- JOULE, JAMES PRESCOTT (1818 bis 1889) englischer Physiker; Elektrizitätslehre, Gesetz von der Erhaltung der Energie, Gasgesetze 93, 102, 105, 107, 168
- KALIPPOS (um 350 v. u. Z.) antiker Astronom 24
- KAMERLINGH ONNES, HEIKE (1853 bis 1926) niederländischer Physiker; Physik der tiefen Temperaturen 179, 200
- KAPIZA, PIOTR LEONIDOWITSCH 219, 234, 235, 243, 310 bis 317
- KASCHLUHN, FRANK (geb. 1927) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik 341
- KELBG, GÜNTER (geb. 1922) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik 338
- KELVIN, siehe THOMSON, WILLIAM
- KEPLER, JOHANNES 36, 37, 39, 42 bis 50, 52, 53, 55, 60, 65
- KIRCHHOFF, GUSTAV ROBERT 90 bis 92, 146, 173, 177 bis 183, 202 bis 204, 210
- KLARE, HERMANN (geb. 1909) deutscher Chemiker [DDR]; Polymerenchemie 332
- KLEIN, FELIX (1849 bis 1925) deutscher Mathematiker und Wissenschaftsorganisator 239, 275
- KLEIN, OSKAR BENJAMIN (1894 bis 1977) schwedischer Physiker; Theoretische Physik 318, 320
- KLEIST, EWALD JÜRGEN (1700 bis 1748) deutscher Naturforscher; Elektrizitätslehre 41
- KNIPPING, PAUL (1883 bis 1935) deutscher Physiker; Strahlenphysik 215
- KOCKEL, BERNHARD (geb. 1909) deutscher Physiker [BRD]; Theoretische Physik 325
- KOHLRAUSCH, FRIEDRICH WILHELM GEORG (1840 bis 1910) deutscher Physiker; Elektrizitätslehre 217
- KÖNIGSBERGER, LEO (1837 bis 1921) deutscher Mathematiker 176
- KONON (um 300 v. u. Z. bis um 260 v. u. Z.) griechischer Astronom und Mathematiker 27
- KOSSEL, WALTER (1888 bis 1956) deutscher Physiker [BRD]; Atomphysik 348
- KRAFFT, GEORG WOLFGANG (1701 bis 1754) deutscher Physiker und Mathematiker; Elektrizitätslehre, Maschinentheorie 42
- KRAMERS, HENDRIK (1894 bis 1952) niederländischer Physiker; Atomphysik 241, 282
- KTESIBIOS (um 275 v. u. Z.) alexandrinischer Mechaniker und Erfinder 12, 17
- KUNDT, AUGUST (1839 bis 1894) deutscher Physiker; Thermodynamik, Wärmelehre 211, 212, 217
- KUNZE, PAUL (geb. 1897) deutscher Physiker [DDR]; Kernphysik 325, 341
- KURLBAUM, FERDINAND (1857 bis 1927) deutscher Physiker; Temperaturmessung, Ballistik 203, 204
- KURTSCHATOW, IGOR WASSILJEWITSCH 192, 197, 199, 221, 303 bis 310, 314, 315
- LAGRANGE, JOSEPH LOUIS (1736 bis 1813) französischer Mathematiker; Analytische Mechanik 80, 86, 87

- LANDAU, LEW DAWIDOWITSCH (1908 bis 1968) sowjetischer Physiker; Tieftemperaturen, Festkörper, Kernphysik 200, 243, 314
- LANGE, WERNER (geb. 1913) deutscher Metallurge [DDR]; Metallhüttenkunde der Nichteisenmetalle 334
- LANGEVIN, PAUL (1872 bis 1946) französischer Physiker; Brownsche Bewegung, Akustik, Kernphysik 266, 269, 273, 274, 323
- LANIUS, KARL (geb. 1927) deutscher Physiker [DDR]; Hochenergiephysik 341
- LAPLACE, PIERRE SIMON (1749 bis 1827) französischer Mathematiker; Mechanik, Entstehung des Weltalls 80, 86, 87, 103, 112
- LAU, ERNST (1893 bis 1978) deutscher Physiker [DDR]; Optik 327, 340
- LAUE, MAX VON (1879 bis 1960) deutscher Physiker [BRD]; Röntgenstrukturanalyse, Relativitätstheorie 59, 110, 115, 176, 192, 210, 215, 237, 242, 245, 248, 251, 262, 275, 276, 291, 347, 348
- LAWRENCE, ERNEST ORLANDO (1901 bis 1958) amerikanischer Physiker; Kernphysik 196, 300, 301
- LEBEDEW, PIOTR NIKOLAJEWITSCH (1866 bis 1912) russischer Physiker; Elektromagnetismus, Akustik, Lichtdruck 322
- LEEUWENHOEK, ANTHONY VAN (1632 bis 1723) niederländischer Naturforscher; Mikroskopie 39
- LEIBNIZ, GOTTFRIED WILHELM (1646 bis 1716) deutscher Universalgelehrter 26, 38, 77, 93, 291
- LENARD, PHILIPP (1862 bis 1947) deutscher Physiker; Atomtheorie, lichtelektrischer Effekt 147, 148, 248
- LENIN, WLADIMIR ILJITSCH (1870 bis 1924) Philosoph und Staatsmann 21, 25, 95, 150, 156, 182, 191, 207, 218, 251, 271, 305, 310
- LEUKIPP (um 460 v. u. Z.) griechischer Philosoph; Begründer der Atomistik 11, 14, 15
- LIEBIG, JUSTUS VON (1803 bis 1873) deutscher Chemiker 166, 176, 210
- LINDE, CARL VON (1842 bis 1934) deutscher Techniker; Kälteerzeugung 94, 105
- LOMONOSSOW, MICHAEL WASSILJEWITSCH (1711 bis 1765) russischer Universalgelehrter; Atomistik, Wärmelehre 42, 89, 101
- LONDON, FRITZ WOLFGANG (1900 bis 1954) deutscher Physiker [USA]; Theoretische Physik 200, 323
- LORENTZ, HENDRIK ANTOON (1853 bis 1928) niederländischer Physiker; elektromagnetische Feldtheorie, L.-Transformation 193, 238, 249, 250, 256, 257, 274, 280
- LÖSCHE, ARTUR (geb. 1921) deutscher Physiker [DDR]; Experimentalphysik 328, 339, 341
- LUDWIG, CARL (1816 bis 1895) deutscher Physiologe 171
- LUMMER, OTTO RICHARD (1860 bis 1925) deutscher Physiker; Optik, Spektren 203
- MACH, ERNST (1838 bis 1916) österreichischer Physiker; Schallmessung, Psychologie, Erkenntnistheorie 93, 150, 193, 207, 209, 248, 249, 256
- MAESTLIN, MICHAEL (1550 bis 1631) deutscher Theologe und Mathematiker 44
- MAGNUS, HEINRICH GUSTAV (1802 bis 1870) deutscher Physiker; Hydrodynamik, Ballistik 171, 178, 181
- MALUS, ETIENNE-LOUIS (1755 bis 1812) französischer Physiker; Optik, Lichttheorie 111
- MANDELSTAM, LEONID ISAAKOWITSCH (1879 bis 1944) sowjetischer Physiker; Quantentheorie, Radiowellen 317, 320
- MARCI, MARCUS (1595 bis 1667) böhmischer Naturforscher; Mechanik, Optik, Medizin, Philosophie 40
- MARCONI, GUGLIELMO (1874 bis 1947) italienischer Techniker; Hochfrequenztechnik 94, 149, 151
- MARSHDEN, ERNEST (1889 bis 1970) englischer Physiker; Atomphysik 232, 236
- MARX, KARL (1818 bis 1883) deutscher Philosoph 20, 25, 85, 86, 93, 95, 98, 102, 219, 253
- MAUDSLAY, HENRY (1771 bis 1831) englischer Maschinenbauer 85
- MAXWELL, JAMES CLERK (1831 bis 1897) englischer Physiker; elektromagnetische Feld- und Lichttheorie 89 bis 91, 103, 138, 142 bis 143, 145, 147, 170, 172, 174, 204, 213, 250, 312
- MAYER, ROBERT 93, 164 bis 170
- MEITNER, LISE 192, 196, 242, 287 bis 295, 297, 323
- MENDELEJEV, DMITRI IWANOWITSCH (1834 bis 1907) russischer Chemiker 290, 321
- MERSENNE, MARTIN (1588 bis 1648) französischer Geistlicher; Mechanik, Optik, Wissenschaftsorganisation 71
- MESSERSCHMIDT, WILHELM (1906 bis 1975) deutscher Physiker [DDR]; Experimentalphysik 325

- MICHELSON, ALBERT ABRAHAM (1852 bis 1931) polnisch-amerikanischer Physiker; Präzisionsversuche, Ätherhypothese 92, 193, 249
- MINKOWSKI, HERMANN (1864 bis 1909) bal-tisch-deutscher Mathematiker 250, 256, 257
- MÖGLICH, FRIEDRICH (1902 bis 1957) deut-scher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 325, 327, 336, 346, 347, 348, 351, 355
- MÖNCH, GÜNTER (geb. 1902) deutscher Physi-ker [DDR]; Experimentalphysik 325
- MOND, LUDWIG (1839 bis 1909) deutsch-eng-lischer Chemiker und Industrieller 313, 316
- MONGE, GASPARD (1746 bis 1818) französi-scher Mathematiker; Hydraulik, Statik, Metallurgie 108
- MORITZ VON ORANIEN (1567 bis 1625) Statt-halter und später „Verteidigungsminister“ der Niederlande 69
- MORLEY, EDWARD WILLIAMS (1838 bis 1923) amerikanischer Physiker und Chemiker; Lichtgeschwindigkeit 193
- MOSELEY, HENRY GEORGE JEFFREYS (1887 bis 1915) englischer Physiker; Röntgenspek-tren 195, 239
- MOTT, SIR NEVILL FRANCIS (geb. 1905) engli-scher Physiker; Theoretische Physik 354
- MÜHLENPFORT, JUSTUS (geb. 1911) deutscher Physiker [DDR]; Isotopenforschung 341
- MÜLLER, ERWIN WILHELM (geb. 1911) deut-scher Physiker [BRD]; Elektronik, Feld-elektronenemission 262
- MÜLLER, JOHANNES (1801 bis 1858) deut-scher Physiologe und Anatom 171
- MÜLLER, KARLHEINZ (geb. 1931) deutscher Physiker [DDR]; Kernphysik, Festkörper-physik 345
- MÜLLER, WALTHER (geb. 1905) deutscher Physiker [BRD]; Atomphysik 233
- MUSSCHENBROEK, PIETER VAN (1692 bis 1761) niederländischer Naturforscher; Elektrizitätslehre 41
- NERNST, WALTER HERMANN (1864 bis 1941) deutscher Chemiker; physikalische Che-mie, Elektrochemie, Wärmetheorie 129, 203, 250, 252
- NEUMANN, FRANZ ERNST (1798 bis 1895) deutscher Physiker und Mineraloge; ma-thematische Physik, Optik, Elektrodyna-mik, Kristallphysik 90, 177
- NEUMANN, JOHANN VON (1903 bis 1957) unga-rischer Mathematiker (USA); Mathemati-sche Physik 323
- NEWCOMEN, THOMAS (1663 bis 1729) engli-scher Techniker; Dampfmaschine 97
- NEWTON, ISAAC 15, 36, 38 bis 40, 46, 65, 67, 74, 75 bis 83, 91, 110, 111, 134, 193, 194, 246, 248, 250
- NISHINA, YOSHIO (1890 bis 1951) japanischer Physiker; Kernphysik, Quantenmechanik 320
- NOBEL, ALFRED (1833 bis 1896) schwedischer Chemiker und Industrieller 228, 240, 241, 267, 277, 283
- NUTTAL, JOHN MITCHELL (1890 bis 1958) eng-lischer Physiker; Atom- und Kernphysik 233
- OECHIALINI, AUGUSTO RAFFAELE (1878 bis 1951) italienischer Physiker; Elektrizitäts-lehre, Kernphysik, Didaktik 196
- OERSTED, HANS CHRISTIAN (1777 bis 1851) dänischer Physiker; Elektrizität und Ma-gnetismus 89, 90, 125, 131 bis 133, 137, 140
- OHM, GEORG SIMON 90, 123 bis 129, 177, 178
- OHM, MARTIN (1792 bis 1872) deutscher Ma-thematiker 123
- OPPENHEIMER, J. ROBERT 196, 197, 295, 298 bis 303
- OSTWALD, WILHELM (1852 bis 1932) deut-scher Chemiker 105, 203, 209, 248
- OTTO, NIKOLAUS AUGUST (1832 bis 1891) deutscher Techniker 94, 105, 108
- PAPIN, DENIS (1647 bis 1712) französischer Physiker; Luftdruck, Hydraulik, Dampf-maschine 71, 97
- PASCAL, BLAISE (1623 bis 1662) französischer Mathematiker, Naturforscher und Philo-soph; Luftdruck, Hydrostatik 59, 61, 65
- PASCHEN, FRIEDRICH LOUIS CARL HEINRICH (1865 bis 1947) deutscher Physiker; Spek-tren, Quantenphysik 204
- PAULI, WOLFGANG (1900 bis 1958) österrei-chischer Physiker; Wellen- und Quanten-mechanik, Atomphysik, Relativitätstheo-rie 195, 237, 240 bis 241, 245, 276, 281, 282, 296, 297, 299
- PEIERLS, RUDOLF ERNST (geb. 1907) deutsch-englischer Physiker; Leitfähigkeit, Quan-tentheorie, Atomphysik 283
- PEMBERTON, HENRY (1694 bis 1771) engli-scher Mediziner; chemische, physiologi-sche, astronomische und mathematische Arbeiten 83

- PERRIN, JEAN BAPTISTE (1870 bis 1942) französischer Physiker; Atomphysik 91, 248, 273
- PETZVAL, JOSEPH (1807 bis 1891) ungarisch-österreichischer Mathematiker 118
- PFEIFFER, HARRY (geb. 1929) deutscher Physiker [DDR]; Experimentalphysik 339
- PHILON (um 250 v. u. Z.) byzantinischer (?) Gelehrter; mechanische Wissenschaften 17, 19
- PLANCK, MAX 122, 170, 176, 179, 181, 183, 194, 201 bis 210, 238, 239, 248, 250 bis 252, 257, 274, 277, 280, 284, 286, 288, 289, 291, 293 bis 295, 345
- PLATON (427 v. u. Z. bis 347 v. u. Z.) griechischer Philosoph 12, 13, 15, 17, 19 bis 21, 23 bis 25
- PLECHANOW, GEORGI WALENTINOWITSCH (1856 bis 1918) russischer Revolutionär und Philosoph 219
- PLINIUS SECUNDUS, GAJUS (23/24 bis 79) römischer Beamter, Schriftsteller und Offizier; naturwissenschaftliche enzyklopädische Schriften 18
- PLUTARCH (um 46 bis nach 119) griechischer Historiker, Schriftsteller und Philosoph 30
- POGGENDORFF, JOHANN CHRISTIAN (1796 bis 1877) deutscher Physiker; Elektromagnetismus, Geschichte der Physik 126, 127, 166, 172, 177
- POHL, HANS-JOACHIM (geb. 1931) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik, Optik 345
- POINCARÉ, JULES HENRI (1854 bis 1912) französischer Mathematiker; Thermodynamik, elektrische Schwingungen, Elastizität, Wirbelbildung 193, 248, 272, 278
- POISSON, SIMEON-DENIS (1781 bis 1840) französischer Mathematiker und Physiker; Mechanik, Elektrizitätslehre, Wärmelehre 86, 108, 112, 126, 181
- PONCELET, JEAN VICTOR (1788 bis 1867) französischer Mathematiker; Systematische technische Mechanik 86, 93
- PONTECORVO, BRUNO MAXIMOWITSCH (geb. 1913) italienisch-sowjetischer Physiker; Atom- und Kernphysik 296, 301, 303
- POPOW, ALEXANDER STEPANOWITSCH (1859 bis 1905) russischer Physiker; drahtlose Nachrichtenübertragung 94, 149, 151, 152
- POSE, HEINZ (1905 bis 1975) deutscher Physiker [DDR]; Kernphysik 341
- POUILLET, CLAUDE-SERVAIS-MATHIAS (1790 bis 1868) französischer Physiker; Elektrizitätslehre, Technologie 127
- PRINGSHEIM, ERNST (1859 bis 1917) deutscher Physiker; Lichtemission, Strahlung des schwarzen Körpers 203
- PRINGSHEIM, PETER (1881 bis 1963) deutscher Physiker [Belgien]; Experimentalphysik 350
- PRONY, GASPARD-CLAIR-FRANÇOIS-RICHE (1755 bis 1839) französischer Physiker; Mechanik, Hydrodynamik 108
- PTOLEMAIOS, KLAUDIOS (um 150) 12, 13, 17, 31
- QUINCKE, GEORG HERMANN (1834 bis 1924) deutscher Physiker; Elektrizitätslehre, Gase, Geologie 179
- RAMBUSCH, KARL (geb. 1918) deutscher Physiker [DDR]; Kernphysik 331
- RAMSAY, WILLIAM (1852 bis 1916) englischer Chemiker 287, 294
- RANKINE, WILLIAM JOHN MARQUORN (1820 bis 1872) englischer Techniker; Thermodynamik 89
- RASETTI, FRANCO (geb. 1901) italienischer Physiker; Spektroskopie, Atomphysik, Paläobiologie 296, 297
- REAUMUR, RENÉ ANTOINE FERCHAULT DE (1683 bis 1757) französischer Naturforscher; Metallurgie, Keramik, Thermometer 42
- RECKNAGEL, ALFRED (geb. 1910) deutscher Physiker [DDR]; Experimentalphysik 325, 355
- REXER, ERNST (1902 bis 1983) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 334
- RICHELOT, FRIEDRICH JULIUS (1808 bis 1875) deutscher Mathematiker 179
- RICHMANN, GEORG WILHELM (1711 bis 1753) schwedischer (?) Physiker; Elektrizitäts- und Wärmelehre 42
- RICHTER, GUSTAV (geb. 1911) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik 264, 330, 340, 341
- RIEHL, NIKOLAUS (geb. 1901) deutscher Physiker [BRD]; Angewandte Physik 351
- RITSCHL, RUDOLF (1902 bis 1982) deutscher Physiker [DDR]; Experimentalphysik 325, 340
- RITTER, JOHANN WILHELM (1776 bis 1810) deutscher Physiker; Elektrizitätslehre, Farbenlehre 89, 90, 125, 132
- ROEBUCK, JOHN (1718 bis 1794) englischer Chemiker und Fabrikant 98

- RÖMER (ROEMER), OLAF (1644 bis 1710) dänischer Physiker; Lichtgeschwindigkeit 39, 72
- ROMPE, ROBERT (geb. 1905) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik, Plasmaphysik, Biophysik 324, 325, 327, 328, 330, 334, 336, 339, 346, 349, 350, 351, 355
- RÖNTGEN, WILHELM CONRAD 95, 194, 199, 210 bis 218, 223, 225, 227, 239, 251
- ROSHDESTWENSKI, DMITRI SERGEJEWITSCH (1876 bis 1940) sowjetischer Physiker; Optik 317
- ROWLAND, HENRY AUGUSTUS (1848 bis 1901) amerikanischer Physiker; Spektroskopie, Elektromagnetismus 174
- RUBENS, HEINRICH (1865 bis 1922) deutscher Physiker; ultrarote Strahlen, Kristallphysik, Strahlenphysik 203, 204, 259
- RÜHMKORFF, HEINRICH DANIEL (1803 bis 1877) deutscher Techniker; Präzisionsgeräte 91
- RUTHERFORD, ERNEST 194 bis 196, 226, 227, 231 bis 237, 238, 244, 288, 289, 294, 297, 299, 302, 305, 310 bis 313, 316
- RYDBERG, JOHANNES ROBERT (1854 bis 1919) schwedischer Physiker; Spektren 238, 239
- SCHELLING, FRIEDRICH WILHELM JOSEPH (1775 bis 1854) deutscher Philosoph 89, 131
- SCHILLER, NIKOLAI NIKOLAJEWITSCH (1848 bis 1910) russischer Physiker; Elektrizitätslehre, Thermodynamik 174
- SCHNITLMIESTER, JOSEF (1908 bis 1971) österreichischer Physiker [DDR]; Kernphysik 341
- SCHMUTZER, ERNST (geb. 1930) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik 345
- SCHOTT, FRIEDRICH OTTO (1851 bis 1935) deutscher Chemiker 119, 120, 122
- SCHOTT, KASPAR (1608 bis 1666) deutscher Jesuit und Mathematiker 63, 65, 66
- SCHRÖDINGER, ERWIN (1887 bis 1961) österreichischer Physiker; Wellenmechanik 195, 242, 274 bis 277, 279, 280, 283, 318
- SCHUBERT, MAX (geb. 1926) deutscher Physiker [DDR]; Experimentalphysik 328
- SCHULZE, GUSTAV E. R. (1911 bis 1974) deutscher Physiker [DDR]; Metallphysik 334
- SCHÜTZ, WILHELM (1900 bis 1972) deutscher Physiker [DDR]; Experimentalphysik 325
- SCHWARZSCHILD, KARL (1873 bis 1916) deutscher Astronom 240
- SCHWEIGGER, JOHANN SALOMON CHRISTOPH (1779 bis 1857) deutscher Physiker; Elektromagnetismus, Herausgabe wissenschaftlicher Zeitschriften 125, 126
- SEELIGER, RUDOLF (1886 bis 1965) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik, Plasmaphysik 325, 327, 339, 346, 347, 355
- SEGRE, EMILIO (geb. 1905) italienischer Physiker; Kern- und Atomphysik 296, 303
- SEMJONOW, NIKOLAI NIKOLAJEWITSCH (geb. 1896) sowjetischer Chemiker 219, 311
- SETSCHENOW, IWAN MICHAJLOWITSCH (1829 bis 1905) russischer Physiologe 173
- SHOCKLEY, WILLIAM (geb. 1910) englischer Physiker; Transistor 200
- SHUKOWSKI, NIKOLAI EGOROWITSCH (1847 bis 1921) russischer Gelehrter; Hydro- und Aerodynamik 187, 190
- SIEMENS, CARL (KARL WILHELM) (1823 bis 1883) deutsch-englischer Ingenieur und Erfinder 159
- SIEMENS, WERNER VON 93, 152, 156, 158 bis 164, 175
- SILOW, PIOTR ALEXEJEWITSCH (1850 bis 1921) russischer Physiker; Magnetismus, Elektrizitätslehre 174
- SINELNIKOW, KYRILL DMITRIJEWITSCH (1901 bis 1967) sowjetischer Physiker; Photoelemente, Elektrizität, Festkörper, Elektronik 304, 305
- SMEATON, JOHN (1724 bis 1792) englischer Techniker; Instrumente- und Maschinenbau 97
- SMOLUCHOWSKI, MARIAN (1872 bis 1917) polnischer Physiker; Wärmeleitung in Gasen, Brownsche Bewegung, kinetische Gastheorie 248
- SNELL, KARL (1806 bis 1886) deutscher Mathematiker und Physiker; Studien über Newton, Philosophie 118
- SNELLIUS (SNEL), WILLEBRORD (1580 bis 1626) niederländischer Mathematiker, Physiker und Astronom; Optik 39, 72 bis 73
- SODDY, FREDERIC (1877 bis 1956) englischer Physiker und Chemiker; radioaktive Elemente 194, 195, 232
- SOMMERFELD, ARNOLD (1868 bis 1951) deutscher Physiker [BRD]; Theoretische Physik, Atomtheorie, Kriesel, Spektren 195, 206, 239 bis 240, 245, 258, 274, 275, 280 bis 283, 295, 346
- SPINOZA, BENEDIKT (1632 bis 1677) niederländischer Philosoph 248

- STARK, JOHANNES (1874 bis 1957) deutscher Physiker [BRD]; Atomphysik, Kanalstrahlen, Lichtemission, Spektrallinien 240
- STASIW, OSTAP (geb. 1903) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 325, 327
- STEENBECK, MAX (1904 bis 1981) deutscher Physiker [DDR]; Zeitmessung, Gasentladung, Plasmaphysik 328, 330, 339, 346, 348, 349, 350, 351
- STEFAN, JOSEF (1835 bis 1893) österreichischer Physiker; kinetische Gastheorie, Temperaturstrahlung 204
- STEINMETZ, CARL (CHARLES PROTEUS) (1865 bis 1923) deutsch-amerikanischer Elektrotechniker 93, 156
- STERN, OTTO (1888 bis 1969) deutscher Physiker [USA]; Quanten- und Atomphysik 311, 323
- STEVIN, SIMON (1548 bis 1620) flämischer Mathematiker und Ingenieur; Hydrostatik, Mechanik 36, 68, 69, 75
- STOLETOW, ALEXANDER GRIGORJEWITSCH (1839 bis 1896) russischer Physiker; Magnetismus, Elektrizitätslehre 187
- STRASSMANN, FRITZ (1902 bis 1980) deutscher Physikochemiker [BRD]; Kernspaltung 196, 268, 284, 291, 292, 294, 295, 297
- SYMMER, ROBERT (um 1707 bis 1763) britischer Beamter; Elektrizitätslehre 41
- TAMM, IGOR JEWGENJEWITSCH 192, 195, 243, 246
- TAYLOR, FREDERICK WINSLOW (1856 bis 1915) amerikanischer Ingenieur 158
- TELLER, EDWARD (geb. 1908) ungarisch-amerikanischer Physiker; Quantenmechanik, chemische Bindung, Atomphysik, kosmische Physik 283
- TESLA, NIKOLA (1856 bis 1943) kroatischer Physiker; Wechselstromtechnik, Hochfrequenztechnik 93
- THALES (um 624 v. u. Z. bis um 546 v. u. Z.) griechischer Philosoph, Mathematiker und Astronom 11
- THEOPHRASTOS (372 v. u. Z. bis 288 v. u. Z.) griechischer Philosoph und Naturforscher 11, 14, 19
- THIESSEN, PETER-ADOLF (geb. 1899) deutscher Chemiker [DDR]; Physikalische Chemie 328, 330
- THOMSON, GEORGE PAGET (1892 bis 1972) englischer Physiker; Quanten- und Kristallphysik, Atomforschung 274
- THOMSON, JOSEPH JOHN (1856 bis 1940) englischer Physiker; Elektrizitätslehre, Atommodell, Strahlenphysik 91, 194, 231, 233, 236, 238, 244
- THOMSON, WILLIAM 88, 90, 91, 102 bis 108
- TIMOFEEJEW-RESSOWSKY, NIKOLAJ WLADIMIROWITSCH (1900 bis 1981) sowjetischer Biologe; Strahlenenergetik, Evolutionsforschung 351
- TORRICELLI, EVANGELISTA (1608 bis 1647) italienischer Mathematiker und Physiker; Optik, Luftdruck, Mechanik 38, 58 bis 61, 63, 65
- TOWNSEND, JOHN SEALY EDWARD (1868 bis 1957) irischer Physiker; Kinetik von Ionen und Elektronen in Gasen 260
- TREDER, HANS-JÜRGEN (geb. 1928) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik, Gravitationstheorie 257, 345, 351
- TSCHERENKOW, PAWEŁ ALEXEJEWITSCH (geb. 1904) sowjetischer Physiker; Kernphysik 192, 319, 320, 322
- UHLÉNBECK, GEORGE EUGENE (geb. 1900) niederländisch-amerikanischer Physiker; Atomphysik 241
- UHLMANN, ARMIN (geb. 1930) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik 345
- URBAN VIII. (1568 bis 1644) Papst seit 1623
- VARLEY, CROMWELL FLEETWOOD (1828 bis 1883) englischer Elektrotechniker 159
- VIRCHOW, RUDOLF (1821 bis 1902) deutscher Pathologe 171
- VIVIANI, VINCENZO (1622 bis 1703) italienischer Mathematiker 58, 60
- VOTA, GÜNTER (geb. 1928) deutscher Physiker [DDR]; Theoretische Physik 335
- VOLMER, MAX (1885 bis 1965) deutscher Physiker [DDR]; Physikalische Chemie 330
- VOLTA, ALESSANDRO (1745 bis 1827) italienischer Physiker; Elektrizitätslehre 89, 103, 124, 125, 129, 133, 301
- WALTON, ERNEST THOMAS SINTON (geb. 1903) irischer Physiker; Kernphysik 196, 234
- WARBURG, EMIL GABRIEL (1846 bis 1931) deutscher Physiker; kinetische Gastheorie, Gasentladungen, Hysteresis, Photochemie 183, 259
- WATT, JAMES 84, 96 bis 102
- WAWILOW, SERGEI IWANOWITSCH (1891 bis 1951) sowjetischer Physiker; Optik 192, 320

- WEBER, ERNST HEINRICH (1795 bis 1878) deutscher Anatom und Physiologe 135
- WEBER, WILHELM EDUARD (1804 bis 1891) deutscher Physiker; Erdmagnetismus, Elektrodynamik, Telegraphie 90, 117, 135 bis 137
- WEISS, CARL-FRIEDRICH (geb. 1901) deutscher Chemiker [DDR]; Radiochemie 341
- WEISSMANTEL, CHRISTIAN (geb. 1931) deutscher Physiker [DDR]; Festkörperphysik 330, 335
- WEIZÄCKER, CARL FRIEDRICH VON (geb. 1912) deutscher Physiker und Philosoph [BRD]; Kernphysik 196, 199, 283
- WEIZEL, WALTER (geb. 1901) deutscher Physiker [BRD]; Theoretische Physik 351
- WEYL, HERMANN (1885 bis 1955) deutscher Mathematiker [Schweiz]; Relativitätstheorie, Feldtheorie 198
- WHEATSTONE, CHARLES (1802 bis 1875) englischer Techniker und Physiker; Akustik, Elektrotechnik 159
- WHEELER, JOHN ARCHIBALD (geb. 1911) englischer Physiker; Gravitationstheorie, Kernspaltung 242, 244
- WIDERÖE, ROLF (geb. 1912) deutsch-norwegischer Physiker; Kernphysik 196
- WIEDEMANN, GUSTAV HEINRICH (1826 bis 1899) deutscher Physiker; Elektrizitätslehre 182
- WIEN, WILHELM CARL W. C. F. F. (1864 bis 1928) deutscher Physiker; Thermodynamik, Strahlung des schwarzen Körpers, Kanalstrahlen 203, 204, 281, 346
- WIGNER, EUGENE PAUL (geb. 1902) ungarischer Physiker [USA]; Theoretische Physik 323
- WILCKE, JOHANN KARL (1732 bis 1796) deutsch-schwedischer Physiker; Elektrizitätslehre, Magnetismus 41
- YOUNG, THOMAS (1773 bis 1829) englischer Mediziner, Physiker und Sprachwissenschaftler; Wellentheorie des Lichts, Theorie des Sehens 91, 92, 110 bis 115
- ZANDER, FRIEDRICH ARTUROWITSCH (1887 bis 1933) sowjetischer Raketen- und Raumfahrttechniker 189, 190
- ZEEMAN, PIETER (1865 bis 1943) niederländischer Physiker; Spektrallinien 240, 241, 250, 280
- ZEISS, CARL (1816 bis 1888) deutscher Feinmechaniker und Unternehmer 94, 116 bis 122
- ZEUNER, GUSTAV ANTON (1828 bis 1907) deutscher Techniker; Mechanik, Turbinen, Thermodynamik 89
- ZINCKE, THEODOR (1843 bis 1928) deutscher Chemiker 287
- ZIOLKOWSKI, KONSTANTIN EDUARDOWITSCH 184 bis 189

Bildquellennachweis:

ADN-Zentralbild: 120, 123, 149, 153, 165, 189, 208, 223, 229, 258, 263, 265, 285, 326, 336, 341, 342, 347, 348 · Akademie der Wissenschaften der DDR: 175, 337, 350 · v. Billeb, Dresden: 354 · Deutsche Fotothek, Dresden: 202 · Forschungsinstitut „Manfred von Ardenne“: 353 · P. Görlich: 352 · G. Hertz: 259 · Karl-Sudhoff-Institut für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften der Karl-Marx-Universität, Leipzig: 10, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 23, 29, 30, 33, 341, 34r, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 72, 73, 78, 79, 80, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 941, 94r, 95, 104, 105, 106, 114, 128, 130, 131, 136, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 1481, 148r, 150, 1511, 151r, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 201, 233, 234, 235, 236 · Kulturhistorisches Museum, Magdeburg: 60, 64 · G. Kube, Berlin: 333 · A. Musmann, Erfurt: 349 · H. Oppermann, Bährendorf: 66 · A. Recknagel, Dresden: 325 · Sammlung Karger-Decker, Berlin: 117 · Volk und Wissen (Bildarchiv): 26, 27, 28, 43, 441, 44r, 461, 46r, 471, 47r, 48, 51, 52, 53, 541, 54r, 551, 55r, 57, 61, 65, 67, 68, 70, 76, 82, 96, 99r, 103, 109, 111, 112, 113, 118, 125, 127r, 138, 139, 167, 169, 171, 173, 178, 180, 184, 186, 188, 219, 220, 221, 222, 232, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 247, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 261, 266, 267, 272, 273, 274, 275, 276, 282, 296, 297, 304, 306, 308, 309, 311, 312, 313, 314, 315, 3161, 316r, 318, 319, 321 · Z StA der DDR, Abt. Merseburg: 174 · Alle anderen Abbildungen stellten die Autoren zur Verfügung.

