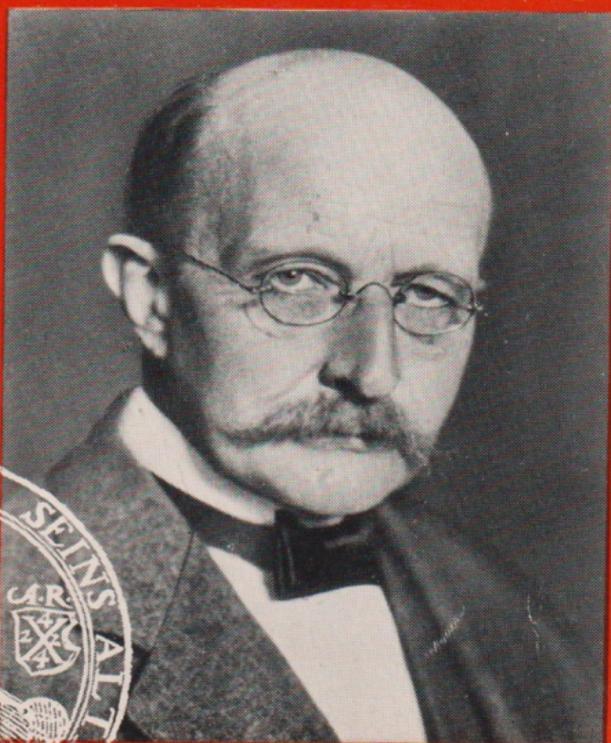




TASCHENBUCH



VON ADAM RIES  
BIS  
MAX PLANCK

VON ADAM RIES  
BIS MAX PLANCK

*25 große deutsche Mathematiker  
und Naturwissenschaftler*

Herausgegeben von  
GERHARD HARIG

VEB VERLAG ENZYKLOPÄDIE  
LEIPZIG

2. (durchgesehene) Auflage  
11.-20. Tausend

1962 · Alle Rechte vorbehalten · VEB Verlag Enzyklopädie  
Leipzig · Verlagslizenz 434 130/112 62 · Umschlaggestaltung:  
R. Uhlisch · Satz: Graphische Werkstätten, Leipzig · Druck  
und Einband: Sächsische Zeitung, Dresden III/9/1 7982 · ES 18 A

## INHALT

Vorwort .....	7
Adam Ries (1492–1559) / Von <i>F. Deubner</i> .....	9
Georgius Agricola (1494–1555) / Von <i>E. Herlitzius</i> ..	15
Johannes Kepler (1571–1630) / Von <i>G. Harig</i> .....	21
Otto von Guericke (1602–1686) / Von <i>A. Kauffeldt</i> ...	27
Alexander von Humboldt (1769–1859) / Von <i>G. Harig</i>	32
Carl Friedrich Gauß (1777–1855) / Von <i>H. Wußing</i> ..	38
Wilhelm Weber (1804–1891) / Von <i>H. Wußing</i> .....	44
Josef von Fraunhofer (1787–1826) / Von <i>K. Heinig</i> ..	50
Justus von Liebig (1803–1873) / Von <i>I. Strube</i> .....	55
Friedrich Wöhler (1800–1882) / Von <i>W. Strube</i> .....	61
Matthias Jakob Schleiden (1804–1881) / Von <i>K. Senglaub</i> .....	65
Robert Wilhelm Bunsen (1811–1899) / Von <i>K. Heinig</i>	71
Julius Robert Mayer (1814–1878) / Von <i>G. Stehr</i> ....	77
Hermann von Helmholtz (1821–1894) / Von <i>G. Harig</i>	84
Carl Schorlemmer (1834–1892) / Von <i>K. Heinig</i> .....	89
Ernst Haeckel (1834–1919) / Von <i>G. Uschmann</i> .....	95
Ernst Abbe (1840–1905) / Von <i>M. Röttsch</i> .....	101
Emil Fischer (1852–1919) / Von <i>K. Heinig</i> .....	107
Wilhelm Ostwald (1853–1932) / Von <i>L. Striebing</i> ....	112
Walther Nernst (1864–1941) / Von <i>W. Haberditzl</i> ....	118
Heinrich Hertz (1857–1894) / Von <i>G. Hertz</i> .....	123
Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) / Von <i>W. Beier</i>	130
Max von Laue (1879–1960) / Von <i>F. Herneck</i> .....	135
Albert Einstein (1879–1955) / Von <i>F. Herneck</i> .....	141
Max Planck (1858–1947) / Von <i>M. Strauss</i> .....	147

## VORWORT

Die vorliegende Sammlung von 25 Kurzbiographien deutscher Mathematiker und Naturwissenschaftler aus fünf Jahrhunderten will alle naturwissenschaftlich und historisch Interessierten über die Herkunft unseres Wissens unterrichten und ihnen einen Einblick in das Geheimnis geben, wie wissenschaftliche Leistungen erzielt werden. Die Naturwissenschaft ist das Ergebnis der Anstrengungen ungezählter Generationen, von denen jede an die Forschungen der vorangegangenen anknüpft und i h r e n Beitrag wieder der Nachwelt zu weiterer Forschung hinterläßt. Deshalb schildern die Autoren durchweg den einzelnen Gelehrten vor dem Hintergrund der allgemeinen gesellschaftlichen Situation und des Denkens seiner Zeit und seinen Beitrag zur Entwicklung der Wissenschaft im problemgeschichtlichen Zusammenhang.

Wenn dabei nur Deutsche ausgewählt worden sind, so geschah das, um an die großen Traditionen auf dem Gebiet der Wissenschaft und des Humanismus in u n s e r e m Volke anzuknüpfen und sie schöpferisch weiterentwickeln zu helfen.

Bei der Auswahl ließ sich der Herausgeber von dem Gesichtspunkt leiten, möglichst viele Zweige der Naturwissenschaft zu berücksichtigen. Unsere Leser werden deshalb bei der begrenzten Zahl von Biographien manchen großen deutschen Gelehrten vermissen. Wir sind aber sicher, keinen Unwürdigen in die Reihe aufgenommen zu haben, und sind auch gern bereit, bei einer künftigen Erweiterung oder Fortsetzung der Sammlung entsprechende Wünsche unserer Leser zu berücksichtigen.

Die vorliegende Sammlung ist aus einer Sendereihe des Berliner Rundfunks hervorgegangen, die im Jahre 1960 unter dem Titel „Deutsche, auf die wir stolz sind“ durchgeführt worden ist.

Der Redaktion Wissenschaft des Deutschen Demokratischen Rundfunks sowie besonders den Autoren sei an dieser Stelle für die Überlassung der Manuskripte der

Ries wurde 1492 in Staffelstein in Franken geboren und starb 1559 in Annaberg im Erzgebirge. Die 67 Jahre seines Lebens umfassen eine spannungsvolle, reich bewegte Zeit, ähnlich der unseren. Um die Wende vom 15. zum 16. Jahrhundert begann die Zeit der Eroberung der Erde. Jetzt setzt die Epoche der Eroberung des Kosmos ein. Damals bestaunte man den ersten Erdglobus, den Martin Behaim 1491–1493 herstellte; in unseren Tagen schuf man in der UdSSR den ersten Mondglobus. Damals besiegelte die gesellschaftliche Umschichtung den Niedergang des zerrütteten Feudaladels und gab den Weg frei für den Aufstieg des Bürgertums und die Bildung des Frühkapitals. In unserem Jahrhundert des Übergangs vom Kapitalismus zum Sozialismus übernimmt die sozialistische Gesellschaft unter der Führung der Arbeiterklasse die Rolle des Kulturträgers. Waren es vor 400 Jahren die geschichtlich wirkenden Kräfte des Humanismus und der Renaissance, die den Menschen zu einer freieren, froheren, von Wissensdrang beseelten und der Kunst aufgeschlossenen Persönlichkeit formten, so ist es heute die Ideologie des Marxismus-Leninismus, die die Bewußtseinsbildung bewirkt. Der Humanismus aber ist es, der eine Brücke schlägt über die 400 Jahre hinweg, über die wir jetzt zurückgehen wollen zu Adam Ries, um ihn und seine Zeit im Spiegel der Mathematik zu betrachten.

Wie stand es mit dem Rechnen zur Zeit von Adam Ries, also zu Beginn des 16. Jahrhunderts? Noch wurden die römischen Zahlzeichen als einheimisch empfunden, wurden als die „deutsche Zahl“ bezeichnet, und die einzelnen Zahlbuchstaben wurden mit volkstümlich anschaulichen Namen belegt. Dagegen war die arabische Ziffernzahl, obwohl schon jahrhundertlang in Deutschland bekannt, dem Volke immer noch fremd. Denn wo hatte sie sich bisher aufgehalten? Nicht bei den Bauern und Häufern und Arbeitern. Nur in den Gelehrtenstuben der Astronomen und Astrologen und der Hochschulprofessoren —

so bei *Peurbach* und *Regiomontanus* — oder in den Klosterzellen, dann noch in den Kaufmannskontoren der großen süd- und norddeutschen Handelszentren, gegen Ende des 15. Jahrhunderts auch in einigen Rechenschulen, wo junge Leute für die Kaufmannschaft ausgebildet wurden, und schließlich in drei, vier deutschen Rechenbüchern, die für diese Rechenschulen gedruckt waren. Noch während der ersten Jahrzehnte des 16. Jahrhunderts, mitunter auch länger, beherrschten die römischen Buchstabenzahlen das amtliche Rechenwesen. In der berühmten „Schreckenberger Bergordnung“ verlangte Herzog Georg ausdrücklich den Gebrauch der „deutschen tzal“. Was mag Adam Ries, der so viele Jahre hindurch in seiner Schule und in seinen Rechenbüchern unter gänzlicher Ausschaltung der römischen Zahlzeichen die neue Ziffernzahl propagierte, empfunden haben, wenn er als Zehntner seine „Zehntrechnungen auffm Geyher“ und seine anderen Bergrechnungen als angestellter Geschreiber immer noch „römisch“ führen mußte.

War nun in der Kämmerei zu rechnen, so ging dies das ganze 16. Jahrhundert hindurch so vor sich: über den Tisch wurde ein Tuch gebreitet, auf das ein Schema waagerechter Parallelen gestickt war; im Volke benützte man ein Rechenbrett oder zeichnete sich die Lineatur mit Kreide auf den Tisch. Auf die Linien legte der Kämmerer für das Linienrechnen besonders gemünzte „Pfen-nige“ und schob sie, rechnend, hin und her. Die unterste Linie stellte die Einerlinie dar, die nächste darüber die Zehnerlinie, die dritte die Hunderter-, die vierte die Tausenderlinie usw. Jede Rechenmünze hatte den Wert von eins, und jede Linie galt, solange man auf ihr rechnete, als Einerlinie, so daß man immer nur mit Einern zu rechnen hatte. Erst beim Ablesen der Lösung wurde der Linienwert berücksichtigt.

Man könnte nun denken, daß mit diesem Linienrechnen eigentlich schon das Dezimalsystem eingeprägt und damit dem neuen Positionsrechnen vorgebaut worden wäre. Keineswegs. Einerseits sprach man immer nur von

der Linie oder dem Zwischenraum „darüber“ oder „darunter“. Sodann ließ das römische Fünferbündeln das Zehnerempfinden gar nicht in das Bewußtsein kommen. Lagen nämlich auf einer Linie 5 Münzen, dann nahm man sie weg und legte dafür, sie gleichsam zu einer Einheit bündelnd, 1 Münze in den nächsten Zwischenraum darüber. Und trafen während des Weiterrechnens 2 Münzen in einem Zwischenraum zusammen, so nahm man sie weg und legte dafür 1 Münze auf die nächsthöhere Linie. Alles geschah rein mechanisch. Daß die 5 stärker im Bewußtsein der Menschen stand, beweist u. a. der damalige sprachliche Ausdruck „Jahrfünft“ entsprechend unserem „Jahrzehnt“. Beim Subtrahieren und Dividieren wurde, wenn zu borgen war, der entgegengesetzte Vorgang nötig: das Aufbündeln. Die waagerechten Linien bilden nur das Grundschema. Wollte man die ganze Aufgabe mit Lösung legen, so teilte man die Lineatur durch zwei Senkrechte in drei Felder; war mit benannten Zahlen zu rechnen, so mußten durch Senkrechte so viele Felder geschaffen werden, wie die Aufgabe Sorten aufwies (z. B. Gulden, Groschen und Pfennige).

Dieses bequeme, anschauliche Linienrechnen, bei dem man nicht einmal lesen und schreiben zu können brauchte, das sollte nun durch das abstrakte, schriftliche Ziffernrechnen ersetzt werden. Als guter Pädagoge behielt Ries für den Anfänger das anschauliche Linienrechnen bei. Sein erstes Rechenbuch erschien 1518 in Erfurt, wo er sich seinerzeit mehrere Jahre aufhielt. Darin lehrt er, wie der Titel besagt, die „Rechnung auff der linihen“. Im zweiten, 1522 wieder in Erfurt gedruckten Rechenbuch bringt er dem Titel gemäß: „Rechnung auf der linihen vnd federn.“ Auch in seinem dritten Buche: „Rechnung nach der lenge“ (d. i. ausführliches Rechnen) behält er dieselbe Reihenfolge bei: Linienrechnen, schriftliches Ziffernrechnen und danach neu das Rechnen mit Vorteilen — nach Art unseres kaufmännischen Rechnens — und das Visieren. Erschienen ist dieses große Rechenbuch, obwohl längst schon fertig, der hohen Druckkosten hal-

ber erst 1550. Es gilt als das klassische Rechenbuch und trug seinem Verfasser den höchsten Ruhm ein. Wer alle Exempel dieses Buches „solviren“ konnte, wurde als ein vollkommener Rechenmeister angesehen. Das von ihm gebotene schriftliche Rechnen ist im Grunde nicht viel anders, als wir es heute noch betreiben. Das gesamte spätere Rechnen hat auf Ries aufgebaut. Eine für damalige Zeit fast unvorstellbare Auflagenhöhe von über 100, die kein anderer Rechenmeister erreicht hat, errang das zweite Rechenbüchlein. Etwa 200 Jahre lang beherrschte es den Schulunterricht in ganz Deutschland. Nach ihm bildete sich die Redensart „nach Adam Riesens Rechenbuch“, die wir verkürzt — „nach Adam Ries“ — noch heute gebrauchen. Mit Fug und Recht kann also behauptet werden: Ries hat das deutsche Volk rechnen gelehrt.

Welches ist der Grund?

Ries erfüllte in vollkommener Weise die Volksbedürfnisse jener Zeit nach Erlernen praktischen Rechnens. Und er tat dies als guter Pädagoge und Psychologe. Die meisten seiner Grundsätze haben heute noch Gültigkeit. Er wollte, daß seine Schüler mit Lust und Fröhlichkeit rechnen, daß sie des Lernens nicht überdrüssig werden. Deshalb ebnet er ihnen den Weg, schreitet vom Anschaulichen zum Abstrakten, vom Einfachen zum Schweren, darum verlangt er üben und immer wieder üben und wiederholen, und darum bringt er zu einer Exempelart immer wieder andere Aufgaben in neuer Einkleidung. „Holdselig“ nennt 1545 der Mathematiker Michael Stifel Riesens Aufgaben und übernimmt viele davon in seine „Deutsche Arithmetik“.

Riesens Rechenbücher sind aus seinem Unterricht erwachsen, und der wieder wurzelte im praktischen Leben. Aus den Fehlern anderer hat er gelernt. Was ihn beim kritischen Besuch fremder Rechenschulen oder beim Studieren anderer Rechenbücher falsch oder unzulänglich dünkte, das hat er in seinen besser gemacht. Das Aufsuchen anderer Rechenschulen dürfte in das Jahrzehnt

von etwa 1507–1517 fallen. Das waren seine Lehr- und Wanderjahre. Nach dem Tode seines Vaters Conz Ries, 1506, scheint Adam bald die Heimat verlassen zu haben. Sporadisch taucht er dann hie und da auf; 1509 in Zwickau, wo ihm Herr Thomas Meiner eine Aufgabe zu rechnen vorlegt, 1515 in Annaberg, wo er mit dem Probierer Conrad cossisch (algebraisch) rechnete, 1517 wegen einer Erbschaftsregelung in Staffelstein, 1518 in Erfurt, wo Mathes Maler Riesens erstes Rechenbüchlein druckte. Zwischendurch war er kurz in Nürnberg und wohl auch in Leipzig, denn er kennt die dortigen Rechenmeister *Seehofer* und *Bernecker* und tauscht mit ihnen Exempel aus.

Auch die Anwendung der deutschen Sprache bahnte den Rechenbüchern von Ries den Weg ins Volk. Ries hat „für den gemeynen mann nutzlich“ geschrieben, dem seinerseits der Weg in die lateinisch dargebotene Wissenschaft versperrt war. Damit hat Ries auch die Entwicklung und Verbreitung der deutschen Nationalsprache gefördert. Durch das Rechnenlernen wurde der Geist des Volkes geschult und beweglich und dadurch aufnahmefähig und -willig für weiteres und höheres Wissen. Wissen aber gibt Sicherheit, Unwissenheit erzeugt leicht Unterwürfigkeit. So hat Ries mitgeholfen, das oft allzu demütige Volk charakterlich zu festigen.

An dem schnellen Bekanntwerden seines Namens hat noch ein kleines, 1536 veröffentlichtes Tabellenwerk, „Ein Gerechent Büchlein“ (ausgerechnet), großen Anteil. In vielen Tabellen sind hier dem Kaufmann die Preise ausgerechnet und dem Bäcker die Gewichtshöhe, denn mit dem Steigen und Fallen des Getreidepreises änderte sich das Gewicht der Backwaren, nicht aber der Preis. Diese „Beckenordnung“ hat jahrhundertlang vielen Städten als Unterlage für ihre lokale Brotsatzung gedient.

Leider ist Riesens „Coss“ (Algebra) nicht gedruckt worden: die erste Fassung von 1524 nicht, weil da Christoff *Rudolff* ihm zuvorkam, die zweite aber auch nicht, obwohl Ries es erstrebte. Jetzt beschäftigt sich die mathe-

matische Welt mit den Algebramanuskripten von Ries, die er auch dem „gemeinen man“ zugänglich machen wollte. Nun wird ihm endlich auch der gebührende Platz unter den deutschen Cossisten eingeräumt werden. Leben und Schaffen von Adam Ries sind ein immerwährender Dienst am Volk gewesen. Er hat die sich selbst gestellte Lebensaufgabe erfüllt, er hat das Volk rechnen gelehrt.

Georgius Agricolae Hauptwerk „De re metallica libri XII“ oder zu deutsch „Zwölf Bücher vom Bergbau und Hüttenwesen“ erschien, mit 292 prächtigen Holzschnitten ausgestattet, im Jahre 1556 zuerst in lateinischer Sprache bei dem berühmten Verlag Froben zu Basel. In den folgenden 100 Jahren erfuhr es nicht weniger als acht Auflagen und fand Verbreitung in der ganzen Welt. Es wurde bereits ein Jahr nach seinem Erscheinen ins Deutsche und 1563 ins Italienische übersetzt. Bis ins 18. Jahrhundert galt „De re metallica“ als unübertroffene Enzyklopädie des gesamten Berg- und Hüttenwesens. Wir wissen, daß Isaac Newton das Werk Agricolae in seiner Bibliothek aufbewahrte. Lomonossow, der Vater der russischen Wissenschaften, studierte es noch um die Mitte des 18. Jahrhunderts. Als einzigartiges montanwissenschaftliches Lehrbuch war das Werk mit seinen ausführlichen Abhandlungen über Erzlagerstätten und deren Aufschluß und Abbau, über die Werkzeuge, Fördergeräte und Maschinen (die sog. „Künste“), über die Aufbereitung, das Probieren und Schmelzen der Erze unentbehrlich. Neudrucke des Werkes dienen heute der Erhaltung eines in seiner Art unvergleichlichen literarischen, technik- und kunsthistorischen Denkmals, das für die Geschichte der Ökonomie und die Geschichte der Pädagogik nicht minder von Interesse ist als für die Geschichte des Bergbaus und Hüttenwesens.

Georgius Agricola wurde am 24. März 1494 als Sohn des Tuchmachers oder Färbers Gregor Pauer (Bauer) in Glauchau geboren. Er studierte von 1514 bis 1518 an der Universität Leipzig alte Sprachen. Sein Freund und Lehrer Mosellanus vermittelte ihm 1518 die Stelle eines Konrektors an der Lateinschule in Zwickau; 1519 übernahm Agricola das Rektoramt an der neugegründeten Schule für Griechisch. 1522 bis 1523 folgte ein zweites Studium, das Studium der Medizin in Leipzig, das er bis 1526 in Italien fortsetzte.

Nach seinem Italienaufenthalt, der ihn mit den hervorragendsten Leistungen der Medizin und des Humanismus vertraut machte, ging Agricola in das böhmische Joachimsthal und wurde dort Arzt und Apotheker. Er schreibt hierüber: „Als ich . . . vor einiger Zeit aus Italien, wo ich etliche Jahre Philosophie und Medizin studiert habe, nach Deutschland zurückkehrte, wußte ich nichts Angelegeneres, als mich nach dem böhmischen Erzgebirge, gegenwärtig dem silberreichsten in ganz Europa, zu begeben. Ich war kaum dort angelangt, als ich vor Begierde entbrannte, das Bergwesen kennenzulernen, weil ich fast alles über meine Erwartungen fand. Ein Jahr später ließ ich mich auf Anraten einiger sehr schätzbaren Freunde, die viel über mich vermochten, in Joachimsthal als praktischer Arzt nieder.“

Um 1530 siedelte Agricola nach dem damaligen Chemnitz über, wo er die Stelle des Stadtarztes übernahm.

Die Technik hatte eine neue Stufe erreicht, in der die fast ausschließlich physische Auseinandersetzung mit der Natur nicht mehr genügte und die angehäuften Erfahrungen in zunehmendem Maße der von der körperlichen Arbeit getrennten geistigen Tätigkeit, d. h. der wissenschaftlichen Verallgemeinerung und der Systematik bedurften.

Befruchtet durch die ihm vor allem in Joachimsthal und Chemnitz zum Erlebnis gewordene Praxis des Bergbaus und Hüttenwesens, wird das Werk Agricolas zum Ausdruck eines völlig neuartigen Ringens um das Begreifen der Naturgesetze. Er will die Beziehungen zwischen Ursachen und Wirkungen, soweit sie den Berg- und Hüttenmann, den Mineralogen und auch den Arzt angehen, auf neue Weise ergründen.

Sein Schaffen kam der im Schoße des Feudalismus entstandenen, damals progressiven kapitalistischen Produktionsweise im Bergbau und Hüttenwesen zugute, die mit ihren kunstvollen Antriebs- und Fördermechanismen, mit der Verwendung wasserkraftbetriebener Blasebälge zu Lebzeiten Agricolas in Deutschland an der Spitze der

Technik der Manufakturperiode stand. Immer neue Anstrengungen waren erforderlich, um den mit zunehmender Teufe sich vermehrenden Wasserzudrang und die ebenfalls wachsenden Bewetterungs- und Förderschwierigkeiten durch verbesserte „Künste“ zu überwinden. Es erweitern sich im Verhüttungsprozeß wie im Betrieb neuartiger Mechanismen jene Erfahrungsbereiche entscheidend, die einerseits zur modernen Chemie, andererseits zur klassischen Mechanik führen.

Erstaunlich an der Leistung Georgius Agricolas ist, daß er dank seiner engen Verbundenheit mit der Praxis der damaligen montanistischen Produktion in seiner Entscheidung gegen Astrologie und Alchimie, ja auch bereits gegen die Wünschelrute, in der eigentlich philosophisch zu nennenden Grundsatzfrage im Sinne neuartigen wissenschaftlichen Denkens so sicher und unbeirrbar war. Dadurch wurde er zugleich Bahnbrecher einer materialistischen Naturauffassung.

Agricolas Gewißheit, daß die gegen magische und übernatürliche Spekulationen sprechenden Erfahrungstatsachen unwiderleglich sind, resultiert aus seiner persönlichen Verbundenheit mit dem Produktionsgeschehen der Berg- und Hüttenwerke, aus einer Verbundenheit, die in das Physische reicht: er besieht, schmeckt, riecht und betastet die Erde, die Erze; er hört und sieht die Kunstgezeuge in ihrer Funktion; er atmet die feuchte und kalte Grubenluft in seinen nicht unbeschwerlichen Befahrungen der Schächte und Stollen; er hört den Ausbau unter der Last des Deckgebirges knacken und knistern, und die Nähe des aufmerksam mit Ohren, Augen, Nase und Händen prüfenden, warnenden und erklärenden Bergmanns empfindet der Gelehrte als gediegenes Moment der Sicherheit. Agricola erlebt den Prozeß der Hereingewinnung von Erz vor Ort unter Tage; die schwere Arbeit mit Schlägel und Eisen ist ihm wenigstens vom Zusehen her bekannt. Der Staub der Pochwerke und der Hüttenrauch mögen manchem anderen den Aufenthalt bei den Aufbereitungsanlagen und den Schmelzöfen verleidet haben;

Agricola sucht diese Plätze, um den Arbeitern auf die Hände zu sehen.

Nur von hier aus sind seine bedeutsame Auseinandersetzung mit der Überlieferung und seine Leistung auf neuen Wegen der Erkenntnis wirklich zu verstehen!

Die wichtigste Leistung des Begründers der Montanwissenschaften besteht in der Forderung, daß Urteil und Wirklichkeit übereinstimmen müssen. Das Kriterium dieser Übereinstimmung ist die praktische Erfahrung. Darum heißt es: „Denn wer versucht, etwas Falsches anstatt der Wahrheit überzeugend vorzutragen, der wird sich selbst entweder nur wenig oder nichts nützen können. Und er wird den meisten sogar viel schaden.“ Dieser Ausspruch kommt aus dem Bewußtsein der Kraft, die ein richtiges Urteil über das Naturgeschehen für die Aneignung von Naturreichtümern, aber auch für gesellschaftliches Handeln bedeuten kann. Alle spätere Entwicklung der Wissenschaft beruht zunächst wesentlich auf der Anerkennung der Erfahrung als Quelle alles Wissens.

So ist das Verdienst der wissenschaftlichen Gründerleistung Georgius Agricolas aufs engste mit seiner philosophisch-weltanschaulichen Leistung verknüpft: Er ist es, der mit der Begründung der Wissenschaften des anorganischen Erdgeschehens auch jene Mystik überwindet, die der phantasievollen Spekulation mehr Raum gab als der Erfahrung. Bestehen die wichtigsten allgemeinen Merkmale der Wissenschaft der Renaissance in der Abkehr von der Theologie und deren Autoritäten, in der Hinwendung zur Erfahrung, in der größeren Geltung der forschenden Vernunft und in der Disziplinierung der schöpferischen Phantasie, so gelten diese Merkmale vorzüglich für Georgius Agricola, den großen deutschen Humanisten.

Vielfach ist Agricola nur bekannt als der Verfasser des Werkes „De re metallica“. Wie wir sehen, geht sein Verdienst aber weit über diese technisch-naturwissenschaftliche Leistung hinaus. Weniger bekannt sind Agricolas übrige Werke. Ursprünglich Philologe und Pädagoge,

später Arzt, unternahm Agricola, aufbauend auf den Vorarbeiten vor allem der antiken Naturforscher, den Versuch, die Mineralien nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten zu ordnen. Zuvor stellte er zu diesem Zweck ausführliche naturphilosophische Betrachtungen an über „Die Entstehung der Stoffe im Erdinnern“ (De ortu et causis subterraneorum – 1544) und über „Die Natur der aus dem Erdinnern hervorquellenden Dinge“ (De natura eorum quae effluunt ex terra – 1545). Agricolas Werk „Über die Mineralien“ (De natura fossilium – 1546) ist das erste Lehrbuch der Mineralogie. Der berühmte deutsche Mineraloge A. G. Werner (1749–1817) gab Agricola den ehrenden Beinamen „Vater der Mineralogie“.

Auch den politischen Geschehnissen seiner Zeit war Agricola zugewandt. Er verfaßte angesichts der Belagerung von Wien (1529) eine „Rede wider den Türken“ (Oratio de bello contra Turcam), die sich durch ihren patriotischen Ernst in der Ermahnung der Deutschen zur Einheit und zur nationalen Verteidigungsbereitschaft vor zahlreichen anderen zeitgenössischen Schriften dieser Thematik auszeichnet.

Nach Agricolas Tode geschah das Ungeheuerliche: Kurfürst August ordnete an, daß der sterblichen Hülle des großen Gelehrten in Chemnitz keine Grabstätte gegeben werden dürfe. Derselbe Fürst hatte aus Furcht, daß fortschrittliches technisches Wissen außer Landes gehen könnte, kurze Zeit zuvor verboten, das Buch „De re metallica“ drucken zu lassen – es lag aber längst in Basel vor, da es seit 1550 abgeschlossen war. Auch hatte man sich bei Hofe von Agricolas Historiographentätigkeit sicherlich ein der Eitelkeit mehr schmeichelndes Ergebnis erhofft, als es mit der Schrift unseres Humanisten „Von der Sippschaft des Hauses Sachsen“ im Jahre 1555 vorgelegt wurde.

Ohne Einschränkung sind *Engels'* Bemerkungen über die Persönlichkeiten der Renaissance auch auf Georgius Agricola anwendbar: In jener Zeit, „die Riesen brauchte und Riesen zeugte, Riesen an Denkkraft, Leidenschaft

und Charakter, an Vielseitigkeit und Gelehrsamkeit“, gehörte auch der Begründer der Montanwissenschaften zu den Größten seiner Epoche.

*Goethe* hat in seiner Farbenlehre unserem deutschen Humanisten durch einen Vergleich *Agricola*s mit dem englischen Wissenschaftsbegründer *Francis Bacon* ein schönes Denkmal gesetzt. *Georgius Agricola* ist – *mutatis mutandis* – der deutsche *Bacon*.

Kepler wurde am 27. Dezember 1571 in Weil, einer Stadt in Württemberg, geboren. Im Knabenalter finden wir ihn als armen Stipendiaten an dem Gymnasium in Maulbronn und mit 18 Jahren an der württembergischen Landesuniversität Tübingen. Seinen Vater zog es in diesen unruhigen Zeiten abenteuerlustig in die Weite; er kümmerte sich kaum um seine Familie und war jahrelang mit den Landsknechtsheeren der Zeit von zu Hause abwesend. Kepler hatte es der Fürsprache seines Großvaters mütterlicherseits und seinem eigenen Fleiß zu verdanken, daß er ein Stipendium und eine Universitätsausbildung erhielt. Diesen zähen Fleiß und die Fähigkeit, konzentriert zu arbeiten, hat Kepler bis an sein Lebensende beibehalten. Sie waren Voraussetzung für seine Erfolge. Wenn überhaupt, so trifft das Goethewort „Genie ist Fleiß“ besonders auf Kepler zu.

In Tübingen studierte Kepler protestantische, genauer gesagt lutherische Theologie und gleichzeitig Mathematik und Astronomie. Sein Lehrer Michael *Maestlin* führte ihn in die neue Lehre des Kopernikus ein und war wohl selbst etwas überrascht, in seinem Schüler einen entschiedenen Anhänger der kopernikanischen Astronomie herangebildet zu haben, denn diese war damals noch keineswegs allgemein anerkannt und begegnete auch von seiten protestantischer Theologen ernsthaften Bedenken und Einwänden. Die großen weltanschaulichen Kämpfe um die neue Lehre, die eine doppelte Bewegung der Erde lehrte und statt ihrer die Sonne in den Mittelpunkt des Weltalls setzte, standen damals noch bevor. Giordano *Bruno* wurde erst 1600 in Rom als Ketzer verbrannt und das Urteil über *Galilei* erst 1632 gesprochen. So mögen die Gegensätze damals noch nicht so scharf hervorgetreten sein, und man hatte von seiten der Universität keine Bedenken, Kepler noch vor Abschluß seiner theologischen Studien nach Graz zu entsenden, wo man, nachdem die

Steiermark protestantisch geworden war, protestantische Lehrkräfte suchte.

1594 wurde Kepler „Lehrer der Mathematik und Moral“ an dem Gymnasium in Graz und zugleich Mathematiker der „Landschaft“, d. h. der neuen protestantischen Landesregierung. Neben dem Unterricht oblag ihm damit zugleich die Pflicht, jährlich einen Kalender auszuarbeiten. Solche amtlichen Kalender, deren Verkauf dem Fiskus Gewinn einbringen sollte, enthielten gewöhnlich zugleich die Angaben der christlichen Festtage, astronomische Angaben über die Sonne, den Mond, die Planeten und den Tierkreis sowie über die Jahreszeiten, den voraussichtlichen Witterungsablauf und etwa zu erwartende besondere Ereignisse. Ihre Berechnung erforderte somit astronomische Kenntnisse, und so hat diese seine erste Stellung nach Keplers eigenen Angaben seine endgültige Hinwendung zur Astronomie und Mathematik bestimmt. Schon ein Jahr später ist Keplers erstes großes astronomisches Werk entstanden, dem er den Titel „Mysterium cosmographicum“ („Geheimnis der Weltbeschreibung“) gegeben hat. — Ein Werk, das in einer Mischung theologischer und mathematischer Spekulationen noch deutlich die Spuren der geistigen Herkunft seines Verfassers zeigt. In einem kühnen Wurf werden die geometrischen Eigenschaften der regulären Körper mit den Abständen der Planetenbahnen nach der Kopernikanischen Lehre rein spekulativ in Verbindung gebracht und wird daraus die gesamte Struktur des Weltalls oder — wie Kepler annahm — der göttliche Bauplan des Universums enthüllt. Aber schon damals erhoben sich warnende Stimmen unter den Wissenschaftlern, die darauf hinwiesen, daß man die Struktur des Universums nur aus den Beobachtungsdaten, aber nicht aus vorgestellten Harmonien ableiten könne.

Es war Keplers Glück, daß er durch die Astronomie selbst immer wieder auf die Tatsachen hingewiesen wurde und auf die Notwendigkeit, diese Tatsachen mathematisch exakt zu erfassen. Die äußeren Lebens-

umstände begünstigten diese Entwicklung. 1599 wurde die Steiermark wieder katholisch, und Kepler mußte sich nach einer neuen Stellung umsehen. Er fand sie bei Tycho *Brahe*, dem bedeutendsten praktischen Astronomen seiner Zeit, der im Zusammenhang mit den politischen Ereignissen in Dänemark seine Heimat verlassen und in Kaiser Rudolf II. in Prag einen Mäzen gefunden hatte. Auf Vorschlag von Tycho Brahe ging Kepler daran, aus dessen Messungen die Bahn des Mars zu berechnen, eine Aufgabe, die ihn jahrelang beschäftigte, weit über den Tod Tycho Brahes hinaus. Kepler mußte langwierige Zahlenrechnungen ausführen, denn noch waren die Logarithmen nicht erfunden, und hat unermüdlich neue Ansätze durchgerechnet, um auch die geringsten Abweichungen zwischen Berechnung und Beobachtung zu berücksichtigen. Er selbst schreibt, daß die erhöhte Genauigkeit der Messungen von Tycho Brahe „den Weg zur Erneuerung der ganzen Astronomie“ gewiesen habe. Die Resultate seines „mehrjährigen beharrlichen Studiums“ legte er 1609 in dem Werk „Die neue Astronomie ursächlich begründet oder die Physik des Himmels“ vor. Das Werk enthält die beiden ersten Keplerschen Gesetze, die sich auf die Bahn der einzelnen Planeten beziehen und besagen, daß die Planeten elliptische Bahnen beschreiben, und zwar so, daß die (gedachte) Verbindungslinie Sonne—Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschreibt. In Sonnennähe laufen die Planeten also schneller als in Sonnenferne. Damit war die Kopernikanische Astronomie ein ganz entscheidendes Stück weiterentwickelt worden, denn Kopernikus selbst hatte noch an der alten Vorstellung festgehalten, daß die Planeten Kreisbahnen beschreiben und keine einfache Beziehung über die wechselnde Geschwindigkeit dieser Bewegungen angeben können.

In seinem ersten Werk hatte Kepler noch in der früher üblichen Weise angenommen, daß die Himmelskörper von „himmlischen Intelligenzen“ oder „Seelenkräften“ auf festen, durchsichtigen Sphären oder Kugelschalen

bewegt werden. Jetzt aber nahm er an deren Stelle körperliche, magnetische Kräfte an, die von der Sonne ausgehen sollten. Er will, so drückt er sich aus, die Natur nicht mehr „als ein göttliches, beseeltes Wesen“, sondern „als ein Uhrwerk“ auffassen. Diese Wandlung seiner Auffassung bedeutet nicht mehr und nicht weniger als den Übergang von der religiösen Naturanschauung des Mittelalters zur materialistischen der klassischen Naturwissenschaft.

Ein Jahr nach der Veröffentlichung der „Neuen Astronomie“ wurde die ganze wissenschaftliche Welt durch eine Reihe sensationeller Entdeckungen überrascht. *Galilei* hatte das neu erfundene Fernrohr auf den Himmel gerichtet und vier Monde des Jupiter, Berge und Täler auf dem Mond und unzählige neue Fixsterne, kurze Zeit später auch noch die Sonnenflecken und die Sichelgestalt der Venus entdeckt. Diese Entdeckungen waren deshalb so aufsehenerregend, weil sie den alten Vorstellungen vom Weltall widersprachen, die neuen aber, wenn nicht direkt bestätigten, so doch auf jeden Fall außerordentlich stützten.

Kepler, der von Kaiser Rudolf II. den Auftrag erhalten hatte, zu diesem wissenschaftlichen Ereignis Stellung zu nehmen, zeigte sich auf der Höhe der Situation. Als erster der führenden Astronomen seiner Zeit setzte er sich gründlich mit den Entdeckungen und Ansichten *Galileis* auseinander und stimmte ihnen begeistert zu. In Verbindung mit einer von *Galilei* angedeuteten Möglichkeit, daß der Mond und der Jupiter bewohnt sein könnten, erwog er weit vorausblickend die Möglichkeit kosmischer Flüge. Er schrieb im Jahre 1610: „Wer hätte jemals geglaubt, daß die Seefahrt auf dem weit gedehnten Weltmeer ruhiger und gefahrloser sei als in den eng drohenden Buchten der Adria, der Ostsee oder der Britischen Meerenge. Schaff' nur Fahrzeuge oder Segel, die der Himmelsluft angepaßt sind, dann kommen schon Menschen, die sich nicht einmal vor jener weiten Öde fürchten werden. Inzwischen wollen wir, sozusagen kurz vor der Ankunft

dieser kühnen Himmelfahrer, Himmelsländerkarten ausarbeiten – ich für den Mond, Du, Galilei, für den Jupiter.“

Gleichzeitig erregte aber auch das Fernrohr Keplers besonderes Interesse. Er schlug sofort eine neue, für astronomische Zwecke besser geeignete Konstruktion des Fernrohrs vor, die wir heute als „Keplersches Fernrohr“ bezeichnen, und führte seine früheren Untersuchungen über die Strahlenoptik zu Ende. Diese Arbeiten bringen zum ersten Mal wesentlich neue Erkenntnisse, die über das seit der Antike Bekannte hinausgehen, und bedeuten darüber hinaus insofern einen Wendepunkt, als darin das Licht nicht mehr als Eigenschaft oder Qualität bestimmter Gegenstände, sondern als eine physikalische Realität betrachtet wird. Kepler hat damit die Tür zur Herausbildung und Entwicklung der physikalischen Optik geöffnet.

Zehn Jahre nach der „Neuen Astronomie“ erschien das umfangreiche Werk „Die Weltharmonien“, in dem er versucht, allgemeinste mathematische Beziehungen in der Natur zu ermitteln. Indem er sich dabei streng an die Tatsachen hielt, gelang es ihm, das dritte Keplersche Gesetz aufzufinden, das eine einfache mathematische Beziehung zwischen den Bahnen verschiedener Planeten zum Inhalt hat. Auf induktivem Wege und in der wissenschaftlichen Form eines Naturgesetzes hatte Kepler das Ziel, das er sich in seiner Jugendarbeit gestellt hatte, erreicht.

Im gleichen Jahr erschien von Keplers Hand ein Lehrbuch der Kopernikanischen Astronomie, durch das das Studium der neuen Astronomie außerordentlich erleichtert und gefördert wurde. Kepler weist darin alle Versuche, die Bibel oder theologische Ansichten zur Entscheidung wissenschaftlicher astronomischer Fragen heranzuziehen, entschieden zurück.

Um seine grundlegenden Entdeckungen für die Astronomie und für alle mit ihr verbundenen Aufgaben der Zeit- und Ortsbestimmung nutzbar zu machen, fehlte

nunmehr nur noch die Berechnung neuer astronomischer Tafeln und Jahrbücher. Kepler hat sich auch dieser letzten, mühsamen und umfangreichen Rechenarbeit – vielfach durch die Kriegsereignisse in Deutschland erschwert und unterbrochen – unterzogen und die sogenannten „Rudolfinischen Tafeln“ herausgegeben, deren letzter Band in seinem Todesjahr erschien.

Wenige Tage nach Abschluß seines Werkes über die Weltharmonien brach 1618 der große Krieg aus, der 30 Jahre lang dauern und in den deutschen Ländern so große Verwüstungen anrichten sollte. Er hat Leben und Arbeit dieses bedeutenden deutschen Wissenschaftlers außerordentlich erschwert. Zweimal mußte Kepler lange Reisen nach seiner Heimatstadt antreten, um seine von den Protestanten als Hexe angeklagte Mutter vor der Folter und dem Feuertod zu retten. Linz hatte er verlassen müssen, als es von katholischen Truppen besetzt wurde. Sein Gehalt als Hofmathematiker wurde ihm nur zum geringen Teil ausgezahlt, und die Beschaffung der Druckkosten für seine Werke stieß auf größte Schwierigkeiten. So trat er 1628 in die Dienste Wallensteins, der ihm als Herzog von Mecklenburg eine Professur an der Universität Rostock in Aussicht stellte. Ehe er sie antrat, machte er sich aber auf eine weite Reise von Schlesien nach Regensburg, um auf dem Reichstag, der sich dort versammelte, wegen seiner Gehaltsforderung vorstellig zu werden. Dieser in den Kriegszeiten besonders beschwerlichen Reise war er nicht mehr gewachsen. Wenige Tage nach seiner Ankunft in Regensburg ist Kepler am 15. November 1630 im Alter von 59 Jahren gestorben.

Der große deutsche Gelehrte Johannes Kepler gehört mit seinen Leistungen heute der ganzen Menschheit. Sie ehrt in ihm neben *Kopernikus*, *Galilei* und *Newton* einen der Wegbereiter und Streiter für ein neues wissenschaftliches Weltbild, das die Enge religiöser Vorstellungen überwindet und unseren Blick weitete in die Tiefen des Kosmos, dessen Befahren er vorausgesehen hat und mit seinen Forschungen vorbereitete.

Otto von Guericke wurde 1602 geboren und starb 1686. Der Dreißigjährige Krieg hat in Guericke's Leben tief eingegriffen. 1631 wurde seine Vaterstadt Magdeburg von Tilly erobert und völlig zerstört, und rund 20 Jahre seines Mannesalters hat er damit zubringen müssen, seine Vaterstadt und seine Familie durch die Wechselfälle dieses Krieges zu steuern.

Ganz anderer, positiver Art war die Einwirkung der seit der Renaissance sich bildenden neuen Bewegung der Naturforschung auf Guericke, die mit *Galilei* (1564—1642) begann und mit *Isaac Newton* (1643—1727) ihre Vollen- dung fand. Er gehört zu den großen Pionieren dieser neueren Naturforschung.

Otto von Guericke entstammt einer alteingesessenen, ein- flußreichen und begüterten Magdeburger Patrizierfami- lie. Magdeburg war damals eine bedeutende Handels- stadt, die gerade im vorhergegangenen Jahrhundert einen mächtigen wirtschaftlichen Aufschwung erlebt hatte und sich mit aller Kraft von den feudalen Fesseln ihres Landesherrn, des Erzstiftes Magdeburg, zu befreien suchte. Guericke wurde in diesen Kampf zu einer Zeit hineingezogen, als die Landesfürsten zu den eigentlichen Herren Deutschlands geworden waren und die Blüte der deutschen Städtemacht und damit auch die Magdeburgs vorüber war. Seine Verdienste um Magdeburg als Rats- herr (1626), als einer der vier Bürgermeister (1646), als Unterhändler in schwieriger Mission während des Krie- ges und als Vertreter der Stadt bei den Friedensverhand- lungen in Osnabrück und Münster zeigen ihn als einen klar und nüchtern urteilenden Mann, der großen persön- lichen Mut und eine erstaunliche Zähigkeit in der Ver- folgung eines Zieles mit einem gewinnenden persönlichen Charakter verband. Was er für Magdeburg erreichte, ist unter Berücksichtigung der Umstände erstaunlich viel; aber es konnte unter den Verhältnissen im damaligen Deutschland keinen Bestand haben.

Bei seiner wissenschaftlichen Tätigkeit stand ihm die historische Entwicklung jedoch zur Seite. Hier erreichte er Bleibendes und Fortwirkendes.

Seiner Herkunft entsprechend hat Guericke eine sorgfältige Erziehung genossen. Zuerst erhielt er privaten Hausunterricht, mit 15 Jahren ging er an die Universität Leipzig, dann nach Helmstädt und Jena und studierte Jura. 1623 unternahm er eine Auslandsreise. In Leyden (Holland) studierte er die militärische Befestigungslehre, die die Fächer Mathematik, Mechanik und Bauwesen umschloß und ihm für seine späteren Arbeiten wichtige Kenntnisse vermittelte. Anschließend bereiste er Frankreich und England. Er lernte also die drei fortgeschrittensten Länder seiner Zeit kennen, die gerade ihm, dem Sohn einer bürgerstolzen Stadt, tiefe Eindrücke vermitteln mußten. 1626 kehrte er zurück, wurde Ratsherr und bald darauf mit der Aufsicht über die Befestigungen betraut. Er entwickelte sich zu einem hervorragenden Ingenieur, der die große Bedeutung der Praxis und des Experiments zu schätzen wußte. Das brachte ihn in bewußte Opposition zu den „Philosophen“, wie er die Vertreter der offiziellen Wissenschaft seiner Zeit, die Scholastiker, nannte. In der Vorrede zu seinem Hauptwerk schrieb er dementsprechend: „Die Redekunst, die Eleganz der Worte sowie die Gewandtheit im Disputieren gelten nichts auf dem Gebiet der Naturwissenschaften.“ Damit kennzeichnete er kurz und treffend seinen eigenen Standpunkt und den Charakter jener Scholastiker.

Angeregt zu seinen Untersuchungen wurde er durch den damals noch keineswegs beendeten Kampf um die Anerkennung des kopernikanischen, des heliozentrischen Systems. *Galilei* und *Johannes Kepler* hatten die führenden Geister ihrer Zeit zu Anhängern dieses Systems bekehrt. Auch Guericke gehörte dazu und hatte damit Front gegen die Scholastik bezogen.

Die Scholastik vertrat den auf Aristoteles zurückgehenden Standpunkt, daß das Weltall endlich, lückenlos mit Stoff erfüllt und die Planeten und Sterne an materiell

vorgestellten Himmelssphären befestigt und am Herabstürzen auf die Erde gehindert seien. Ihr Raumbegriff setzte das Erfülltsein mit einem Stoff voraus, ein leerer Raum war ihnen unvorstellbar und naturwidrig. Guericke dagegen erschien es undenkbar, daß die unermeßlichen Weiten des Weltalls mit irgendeinem Etwas erfüllt seien. Er glaubte, daß es doch den „stets bestrittenen, jeder Stoffheit baren Raum gebe“. Seine Existenz wollte er nachweisen und deshalb ein Vakuum herstellen. Der leere Raum, das Vakuum, diente ihm also zum Nachweis der Existenz des Raumes.

Als ihm seine Tätigkeiten endlich Zeit für seine persönlichen Interessen ließen, etwa um 1650, begann er mit seinen Versuchen. Wie ein Ingenieur und Praktiker geht er direkt und ohne Umschweife an die Lösung. Man fülle ein Faß restlos mit Wasser, dichte es so ab, daß keine Luft nachdringen kann, und pumpe das Wasser heraus, dann werde man den „von jedem Körper leeren Raum“ haben, das war sein Gedanke. Die Mittel, die er verwenden wollte, waren Gegenstände des täglichen Gebrauchs, keine wissenschaftlichen Spezialapparaturen. — Es gelang ihm natürlich nicht, den absolut leeren Raum, wohl aber einen angenähert leeren Raum herzustellen. Er war es, der als erster mit allem Nachdruck darauf hingewiesen hat, daß es hier auf der Erde, weil alle Körper Dünste abgeben, unmöglich sei, einen absolut leeren Raum herzustellen, daß aber durch den angenähert leeren Raum die Möglichkeit des absolut leeren auch schon erwiesen sei. Darüber hinaus fand er etwas, auf das er nicht gefaßt war: den Druck der Atmosphäre, den Luftdruck. Dieser war allerdings schon 1643 von Evangelista *Torricelli* (1602–1647), einem Schüler *Galileis*, entdeckt worden. Mit sehr großer Wahrscheinlichkeit aber hat Guericke von dieser Entdeckung nichts gewußt, als er seine Versuche begann, und erst 1654 auf dem Reichstag zu Regensburg davon erfahren. Dessenungeachtet haben Guericke's Entdeckungen selbständige Bedeutung und sind sogar bedeutsamer als die *Torricellis* geworden. Er

hat erstens aus der bereits bekannten Wassersaugpumpe die Luftpumpe entwickelt, die die Erzeugung eines luftverdünnten Raumes so bequem machte; er hat zweitens eine Eigenschaft des Luftdrucks entdeckt, die der bestechend elegante Versuch *Torricellis* rechnerisch zwar auch ergab, aber nicht unmittelbar erleben ließ, nämlich die ungeheure Gewalt dieses Drucks; und er hat drittens dem Vakuum und dem Luftdruck eine Popularität verschafft, die beide in den Blickpunkt seiner Zeitgenossen treten ließ. *Torricellis* Versuch war dagegen nur wenigen Gelehrten bekannt geworden.

Auf den Luftdruck war Guericke aber durch die geschilderte Art seines Herangehens geführt worden. Der von ihm nicht geahnte und nicht einkalkulierte Luftdruck ließ seine ersten Versuche mißlingen: Der Luftdruck drückte Luft durch das Holz des Fasses hindurch, drückte eine zu dünnwandig ausgeführte kupferne Hohlkugel wie ein Tuch zusammen. Guericke mußte beobachten, daß seine „Wasser“pumpe drei „vierschrötige“ Männer zur Bedienung erforderte, daß das Wasser, das er zur Vakuumprobe in die evakuierten Räume einströmen ließ, mit einem unerhörten Ungestüm eindrang und dabei mehrfach Röhren zerbrach. Aber anstatt sich durch diese Mißerfolge entmutigen zu lassen, ging er der unerwarteten Erscheinung mit derselben Zähigkeit, mit der er seine Verhandlungen geführt hatte, auf den Grund und fand diese Eigenschaft des Luftdrucks.

Durch die Popularisierung des Vakuums und des Luftdrucks hat Guericke wesentlich dazu beigetragen, daß sie in der Folgezeit, und im Zusammenhang damit auch die Luft – wie die Gase und Dämpfe überhaupt – zu einem bevorzugten Untersuchungsgegenstand aufrückten. Zahlreiche Untersuchungen, nicht zuletzt seine eigenen, schufen allmählich Klarheit über die physikalischen Eigenschaften der Luft und der Dämpfe und förderten die Erforschung ihrer chemischen Eigenschaften. Das war eine bedeutsame und folgenreiche Errungenschaft der Wissenschaft jener Epoche; sie führte letztlich dazu, daß

die Chemie der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts von der Vorstellung der Alchimie endgültig befreit und zu einer exakten Wissenschaft werden konnte.

Das noch heute bekannteste Experiment Guericques war das mit den sogenannten Magdeburger Halbkugeln, die evakuiert von 16 und sogar 24 Pferden kaum auseinandergerissen werden konnten, nach Öffnen eines Hahnes aber auseinanderfielen. Otto von Guericke hatte diesen Versuch mehrfach abgewandelt. Zuletzt zeigte er, daß ein dichtsitzender Kolben in einem geschlossenen Zylinder eine „ungeheure Last“ zu heben vermag, wenn man unter ihm ein Vakuum herstellt. Von diesem Experiment führte die Entwicklung schließlich zur Erfindung der Dampfmaschine.

Große Bedeutung hat Guericques Beitrag zur Erforschung der Elektrizität gewonnen. Auf der Suche nach der Kraft, die den Mond an die Erde und die Planeten an die Sonne fesselt, interessierte er sich für die Elektrizität. Seit William Gilbert, der sie zuerst im Jahre 1600 als eine besondere Erscheinung vom Magnetismus unterschieden hatte, war nur bekannt geworden, daß außer Bernstein auch noch andere Stoffe durch Reiben die gleiche Anziehungskraft erwerben können. Guericke entdeckte die Abstoßung. Dies gelang ihm, weil er sich die erste Elektrisiermaschine schuf, eine drehbare Schwefelkugel, die wesentlich stärkere Effekte lieferte und die Abstoßung — nach anfänglicher Anziehung — deutlich und reproduzierbar erkennen ließ.

Guericke ging von Fragen aus, die das Weltall betrafen und stark philosophischen Charakter hatten. Er formte sie aber so um, daß sie durch ein Experiment zu entscheiden waren. Dabei ging er so weit, daß er durch ein irdisches Experiment Auskunft über ein Problem des Weltalls erhalten wollte. Dies und seine sehr kategorischen Antworten auf alle scholastischen Spitzfindigkeiten, die ihm zur Verteidigung der „horror-vacui-These“ entgegengehalten wurden, kennzeichnen seine Stellung in den weltanschaulichen Kämpfen seiner Zeit.

Nach Alexander von Humboldt sind eine Meeresströmung bei Südamerika, ein Fluß, ein Kap und ein Mondkrater, sind Berge in drei Erdteilen, Pflanzen, Tiere und Ortschaften benannt. Oberschulen unserer Republik schmücken sich mit seinem Namen, und die Berliner Universität trägt seit ihrer Wiedereröffnung nach dem zweiten Weltkrieg den stolzen Namen Humboldt-Universität.

Diesen so vielfältigen ehrenden Erinnerungen entsprechen Humboldts vielseitige wissenschaftliche Leistung und seine tiefe humanistische Gesinnung.

Er wurde am 14. September 1769 in Berlin als zweiter Sohn eines preußischen Kammerherrn geboren und ist nach dem frühen Tod seines Vaters im Geiste der Aufklärung erzogen worden. Ursprünglich zum Staatsdienst bestimmt, studierte er in Frankfurt/Oder, Göttingen und Hamburg zunächst *Cameralia* und *Technologie*, d. h. Wirtschaftswissenschaften und Gewerbekunde, und zum Abschluß an der Bergakademie Freiberg Geowissenschaften. Als Bergassessor und Bergrat trat er 1792 in die Dienste der preußischen Bergwerks- und Hüttenverwaltung. Sein Interesse aber galt der Naturforschung, und sein Wunsch war es, ferne Länder kennenzulernen und zu bereisen. Dieses Verlangen wuchs zu dem Vorsatz, eine wissenschaftliche Forschungsreise durchzuführen, als er 1790 im Alter von 21 Jahren den deutschen Naturforscher und begeisterten Anhänger der großen Französischen Revolution Georg *Forster* auf einer Studienreise begleiten durfte, die durch das heutige Belgien und die Niederlande nach England und auf der Rückreise in das Paris der Revolutionsjahre führte. In Paris hat Humboldt selbst mit der Pariser Bevölkerung an dem freiwilligen Arbeitseinsatz am Platz der Tuileries teilgenommen, den „Ideen von 1789“, wie er sich selbst ausdrückt, d. h. den Ideen von Freiheit, Gleichheit und Brüderlichkeit, mit denen die Französische Revolution



GEORGIUS AGRICOLA

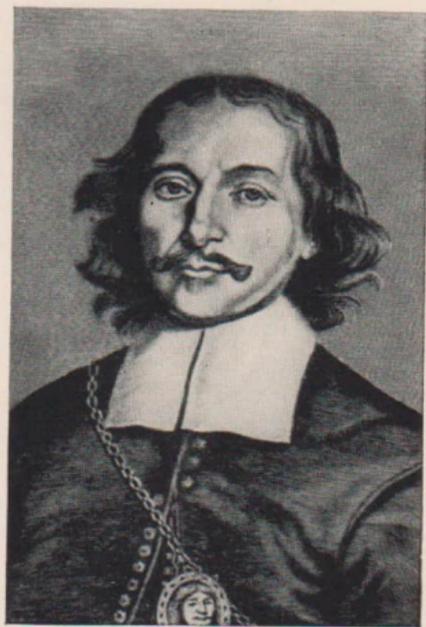
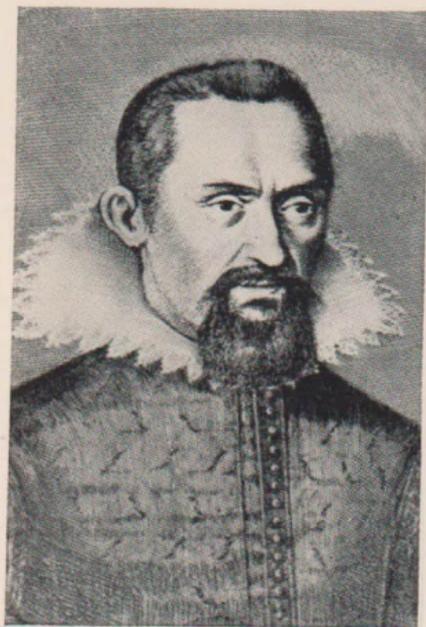
*Georg Agricola 1494–1555*

*Johannes Kepler 1571–1630*



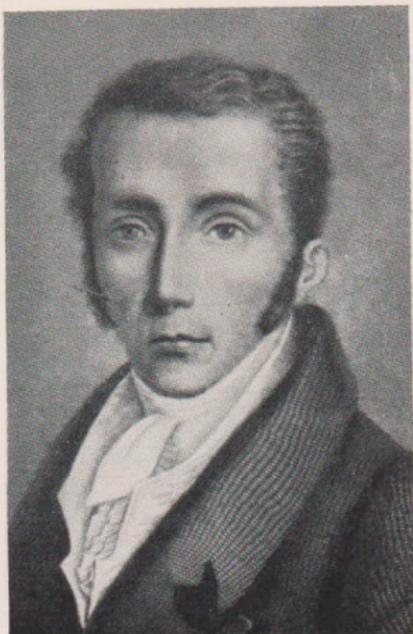
*Adam Ries 1492–1559*

*Otto von Guericke 1602–1686*





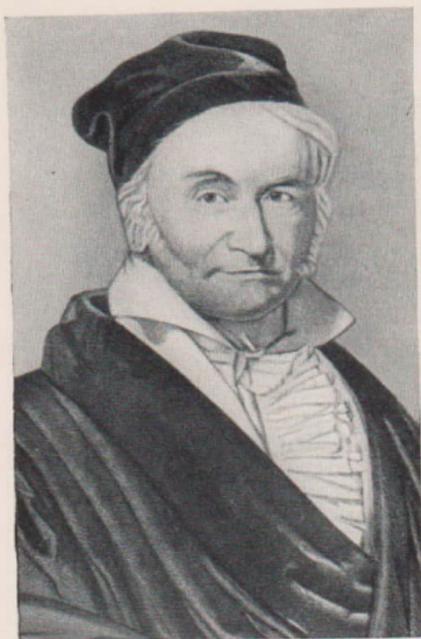
*Alexander v. Humboldt 1769—1859*

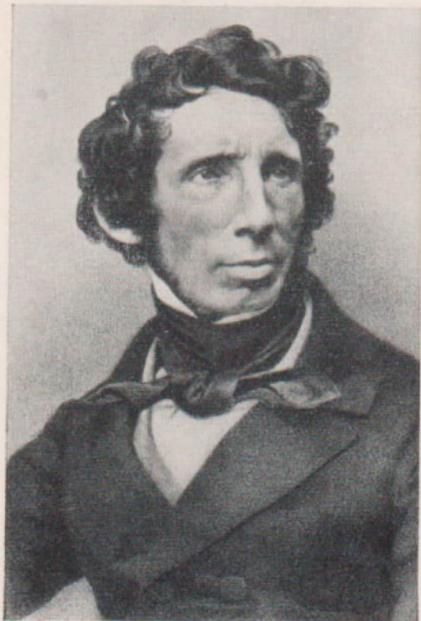


*Joseph v. Fraunhofer 1787—1826*

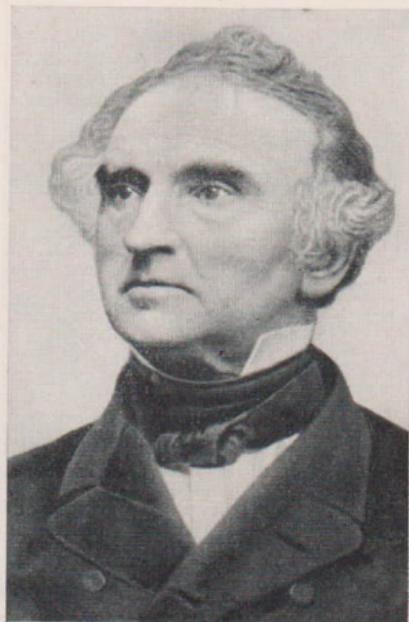
*Carl Friedr. Gauß 1777—1855*

*Wilhelm Weber 1804—1891*





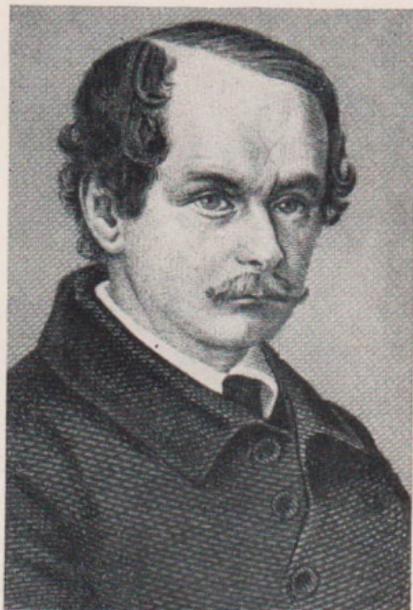
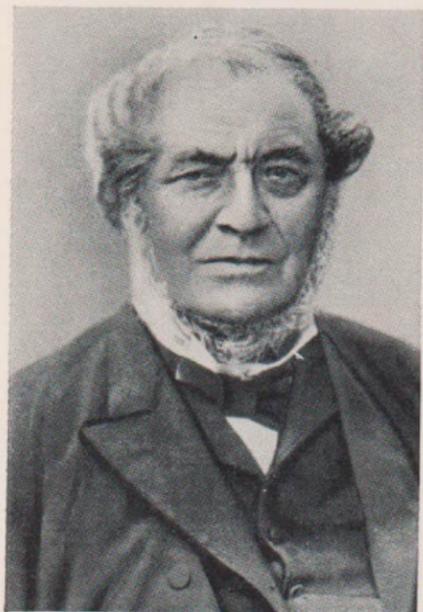
*Friedrich Wöhler 1800–1882*



*Justus von Liebig 1803–1873*

*Robert Bunsen 1811–1899*

*Matthias Schleiden 1804–1881*





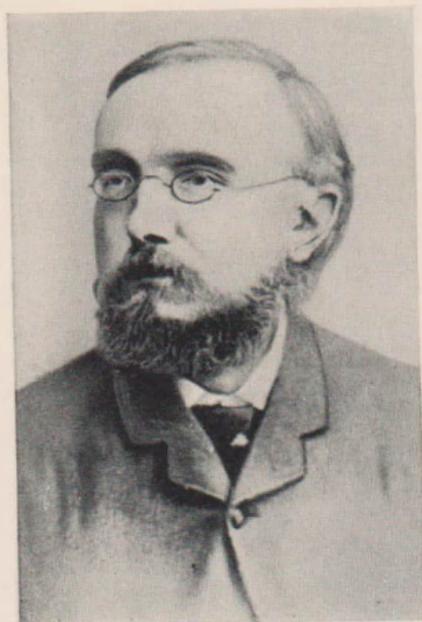
*Julius Robert Mayer 1814—1878*



*Herm. v. Helmholtz 1821—1894*

*Carl Schorlemmer 1834—1892*

*Ernst Haeckel 1834—1919*



zum Sturz des Absolutismus angetreten war, ist er zeit seines Lebens treu geblieben.

Wenige Jahre nach dieser Reise lernte er in Weimar *Goethe* und *Schiller* kennen, wobei er nach seinen eigenen Angaben „durch *Goethes* Naturansichten gehoben, gleichsam mit neuen Organen ausgerüstet“ worden ist. Wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir sein Bestreben, in der Natur das Typische durch vergleichende Betrachtungen herauszufinden, dem Weimarer Einfluß zuschreiben. Zugleich lernte er auf weiteren Reisen nach Italien und Frankreich die neuesten Fortschritte der Naturwissenschaft und die neuesten Methoden exakter naturwissenschaftlicher Messungen seiner Zeit kennen. So war er aufs beste vorbereitet, als er nach Ausscheiden aus dem preußischen Staatsdienst mit Erlaubnis der spanischen Regierung in Begleitung des französischen Botanikers *Aimé Bonpland* auf eigene Kosten eine mehrjährige Forschungsreise nach den spanischen Kolonien in Süd- und Mittelamerika antrat. Die Reise führte ihn in den Jahren 1799 bis 1804 in das heutige Venezuela, Kolumbien, Ecuador, Peru, Mexiko und Kuba. Humboldt hat diese Gebiete nicht nur geographisch erforscht, sondern auch ihre Flora und Fauna, die Bodenschätze und Mineralien, die wirtschaftlichen Möglichkeiten, die Volksstämme sowie deren alte Geschichte allseitig und gründlich studiert und damit eine neue, höhere Stufe wissenschaftlicher Forschungsreisen erreicht.

Nach der Rückkehr von seiner Reise hat sich Humboldt 23 Jahre lang (1804–1827) mit kurzen Unterbrechungen in Paris, dem damaligen wissenschaftlichen Zentrum Europas, aufgehalten, um in enger Verbindung mit französischen, deutschen und englischen Wissenschaftlern die Ergebnisse seiner Reise auszuwerten. Sie liegen heute in Gestalt eines 30bändigen Riesenwerkes „*Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804 par Alexandre de Humboldt et Aimé Bonpland, rédigé par A. de Humboldt*“ in französischer Sprache vor.

Diese Auswertung erstreckt sich nicht nur auf die Beschreibung von mehr als 6000 bis dahin in Europa unbekanntem Pflanzen sowie unbekanntem Tieren und Mineralien, auf die Berechnung geographischer Koordinaten, auf die Klärung der Morphologie der bereisten Gebiete, auf die Messung zahlreicher meteorologischer, klimatologischer und erdmagnetischer Größen, sondern sie gipfelt in der Erfassung allgemeiner Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge mittels der von ihm entwickelten vergleichenden Methoden. Humboldt schuf den Begriff der Isotherme und die Begriffe des See- und Landklimas. Er untersuchte die Schneegrenzen im Gebirge, die Vegetationsgrenzen verschiedener Pflanzen und verglich die Verbreitung der Pflanzen nach der geographischen Breite mit ihrer Verbreitung in verschiedenen Höhenlagen. Er berechnete die mittlere Höhe der Kontinente und ging dem Zusammenhang zwischen Vulkanismus und Gebirgsbildung nach. Seinen Bemühungen ist es zu verdanken, daß auf der ganzen Erde Stationen für regelmäßige erdmagnetische Messungen errichtet wurden, und auf seine Anregung geht die Einrichtung des „Geophysikalischen Jahres“ zurück, das gerade heute zu fruchtbarer wissenschaftlicher Zusammenarbeit und zum friedlichen Wettbewerb der Völker und Staaten beiträgt. Humboldt gilt mit Recht als der „Vater“ der vergleichenden Geographie, der Pflanzengeographie und der Klimatologie.

Die Forschungsreise und die großzügigen und umfangreichen Publikationen ihrer Ergebnisse hatten das nicht unbeträchtliche Vermögen Humboldts aufgebraucht, und so entschloß er sich im Alter von 58 Jahren, auf die Angebote des preußischen Hofes einzugehen, unter Aussetzung eines festen Gehaltes als Kammerherr und Berater des Königs seinen dauernden Wohnsitz in Berlin zu nehmen. Er verband damit keineswegs die Absicht, sich zur Ruhe zu setzen, sondern sah seine Aufgabe darin, seinen Rang und seine Stellung für die Förderung und Pflege der Wissenschaft in Preußen zu nutzen. Im Herbst

1828 gelang es ihm, gegen den Widerstand preußischer reaktionärer Kreise, die 7. Versammlung der deutschen Naturforscher und Ärzte in Berlin durchzuführen. Sie wurde zu einem bedeutenden wissenschaftlichen und nationalen Ereignis, bei dem Berlin zum ersten Male als ein wissenschaftliches Zentrum Deutschlands in Erscheinung getreten ist.

Schon im folgenden Jahr konnte er auf Einladung des russischen Zaren in Begleitung des Berliner Zoologen und Mediziners Christian Gottfried *Ehrenberg* (1795 bis 1876) und des Berliner Mineralogen *Gustav Rose* (1798 bis 1873) eine ausgedehnte Forschungsreise nach dem Ural, dem Altai und an die Ufer des Kaspischen Meeres antreten, die für die Abrundung und Vertiefung seiner vergleichenden Forschungen von großer Bedeutung werden sollte.

Aber auch für die von ihm bereisten Gebiete des russischen Reiches erwiesen sich seine Untersuchungen als äußerst nützlich. Die damals noch weitverbreitete Vorstellung, daß Westsibirien ein Hochland von 1800—2500 m Durchschnittshöhe sei, wurde erst durch seine Forschungen von der richtigen Einsicht abgelöst, daß es eine flache Ebene bildet.

Seine Naturanschauungen und seine Entdeckungen hat Humboldt zum ersten Male in dem weitverbreiteten und vielseitig wiederaufgelegten Werk „Ansichten der Natur“ für ein breites gebildetes Publikum dargelegt. Das Werk ist in den Jahren 1805—1807 entstanden, als er sich vorübergehend in Deutschland aufhielt. In gepflegtem und flüssigem Deutsch verbindet er die „ästhetische Behandlung“ der Natur mit wissenschaftlicher Gründlichkeit, um „gleichzeitig die Phantasie zu beschäftigen und durch Vermehrung des Wissens das Leben mit Ideen zu bereichern“.

Die gleichen Bestrebungen liegen den populärwissenschaftlichen Vorträgen zugrunde, die Humboldt unmittelbar nach seiner Übersiedlung im Winter 1827/28 in Berlin gehalten hat. Der weltberühmte Naturforscher, ordent-

liches Mitglied der Berliner und der Pariser Akademie der Wissenschaften, zog sich nicht in das innere Getriebe der Akademie zurück, sondern hielt in diesem Winter insgesamt 61 Vorträge über „Physische Weltbeschreibung“. Die Vorträge wurden von allen Bevölkerungsschichten besucht und fanden in ganz Deutschland Widerhall. Handwerker und Kaufleute, Professoren und Studenten, aber auch der König und Angehörige des Hofes und der Regierung füllten den größten Saal Berlins und zollten dem international berühmten Naturforscher und damit zugleich der Naturforschung selbst, ihren Beifall. Cotta, der Verleger Goethes und Schillers, bemühte sich, sie herauszugeben. Aber Humboldt zögerte und hat erst rund 20 Jahre später eine Darstellung der Natur als Weltgebäude, angefangen von den Himmelsräumen, über die Erde bis zu ihren Bewohnern einschließlich der Menschen, unter dem Titel „Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung“ als reifes Alterswerk „dem deutschen Publikum“ vorgelegt.

Humboldts „Kosmos“ ist wie kaum ein zweites wissenschaftliches Werk in deutscher Sprache weltberühmt geworden und hat zur Förderung naturwissenschaftlicher Bildung und humanistischer Anschauungen in Deutschland und weit darüber hinaus Bedeutendes beigetragen. Es wendet sich an alle Menschen mit offenen Sinnen, aufnahmebereitem Verstand und Freude am eigenen Nachdenken, die die Fülle und bunte Vielfalt des Lebens und der Natur bejahen. Es kennzeichnet zugleich seinen Verfasser als einen Menschen, der die Wissenschaft als einen Dienst an der Menschheit auffaßt und der Menge sein eigenes Wissen rückhaltlos zur Verfügung stellt, um sie zu bilden. „Mit dem Wissen kommt das Denken und mit dem Denken der Ernst und die Kraft in die Menge.“ Mit diesen Worten hat Humboldt das Ziel seiner Bestrebungen selbst ausgedrückt.

Sie trugen ihm Verehrung und Vertrauen ein, die weit über die Achtung und Bewunderung hinausgingen, die sonst einem Gelehrten für wissenschaftliche Entdeckun-

gen gezollt werden. In den Märztagen 1848 schützten Berliner Arbeiter seine Wohnung vor Plünderern, und er selbst schritt im Alter von 79 Jahren entblößten Hauptes hinter den Särgen der gefallenen Revolutionäre. Hunderte und Tausende wendeten sich mit Bitten und Anfragen an den berühmten Naturforscher, so daß er sich 1857 genötigt sah, in der Vossischen Zeitung öffentlich um Schonung zu bitten, zumal sich Humboldt verpflichtet fühlte, alle an ihn gerichteten Briefe persönlich und eigenhändig zu beantworten. Auch nach dem Scheitern der Revolution von 1848 hat er seine freiheitliche Gesinnung nicht verleugnet. Seinem Drängen ist es zu verdanken, daß im Jahre 1856 in Preußen die Sklaverei durch ein Gesetz verboten und jeder Sklave auf preußischem Boden für frei erklärt wurde.

Schon in Paris wurde das Wort geprägt, Humboldt vereinige in sich eine ganze Akademie, und mit seinem Werk hat er tatsächlich dazu beigetragen, das bürgerliche humanistische Bildungsideal, das sich zunächst vorzugsweise und einseitig auf die literarischen und ästhetischen Bereiche bezog, auf das Wissen von der Natur auszudehnen, und damit sowohl den Umfang der Bildung wie den Kreis der als gebildet geltenden Menschen wesentlich erweitert. Er ist aus der Geschichte der Naturwissenschaft nicht wegzudenken. Den Naturforscher und Humanisten verehrt heute die fortschrittliche Menschheit als einen jener Deutschen, die Ruhm und Ehre ihres Volkes nicht in blutigen Eroberungskriegen und in der Unterdrückung und Versklavung anderer Völker suchen, sondern in der Freundschaft mit seinen Nachbarn, in der Gleichberechtigung aller Völker und Rassen und in der Verbreitung und Förderung von Bildung und Wissenschaft.

Als im September des Jahres 1837 in Göttingen das 100-jährige Bestehen der Universität festlich begangen wurde, stand ein Gelehrter im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Ehrungen: Carl Friedrich Gauß, überragender Mathematiker, Astronom, Geodät und Physiker in einer Person.

Gauß war mit Göttingen seit seiner Studienzeit eng verbunden. Hier war im Herbst 1795 in die Matrikel eingetragen worden: Carl Friedrich Gauß, geboren am 30. April anno 1777 als Sohn des Weißbinders Gerhard Dietrich Gauß und seiner Ehefrau Dorothea. Und Göttingen war es auch, das ihm nach epochemachenden mathematischen und astronomischen Entdeckungen eine Berufung zugehen ließ. Von 1807 an bis zu seinem Tode, am 23. Februar 1855, wirkte er dort als Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte.

Mit einiger Deutlichkeit zeichnen sich vier Schaffensperioden in seinem überaus reichen Forscherleben ab. Die erste — bis etwa 1800 — war bestimmt von arithmetisch-zahlentheoretischen Interessen, die zweite — bis etwa 1820 — gehörte vorwiegend der Astronomie, die dritte — bis etwa 1830 — der Geodäsie und die letzte noch eigentlich schöpferische der mathematischen Durchdringung naturwissenschaftlicher, zumeist physikalischer Probleme.

So zurückhaltend Gauß in politischen Fragen war, so wenig er auf Grund seiner Herkunft und Erziehung das Wesen der zu seinen Lebzeiten sich vollziehenden gesellschaftlichen Entwicklung erfaßte, so ist doch die stufenweise Neuorientierung seiner wissenschaftlichen Interessen deutlich das Ergebnis der in den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts auch in Deutschland einsetzenden industriellen Revolution, des Übergangs zur kapitalistischen Produktion im Fabrikssystem. Während sich der Jüngling, Untertan eines zweitrangigen deutschen Fürsten, abstraktesten mathematischen Fragen widmete, machte der

schon Alternde präzise Vorschläge, wie man den von ihm und Wilhelm Weber entwickelten Telegrafen am günstigsten im Signalwesen der Eisenbahn verwenden könne.

Gleich seine ersten Veröffentlichungen reihten ihn unter die bedeutendsten Mathematiker überhaupt ein. Seit den Zeiten von *Euklid* und *Archimedes*, seit über 2000 Jahren war bekannt, daß man ausschließlich mit Zirkel und Lineal gleichmäßige Dreiecke, Vierecke, Fünfecke, Sechsecke und die durch deren Kombination entstehenden regelmäßigen Vielecke konstruieren könne. Dem erst 19jährigen Gauß gelang die sensationelle Entdeckung, daß auch das Siebzehneck so zu konstruieren sei, ja, er konnte ganz allgemein klären, welche regulären Vielecke überhaupt konstruierbar sind. Von hier aus eröffnete er den Weg zu neuen prinzipiellen Fragestellungen der Algebra.

Auch seine Dissertation bewältigte ein zentrales Problem. Er lieferte darin den ersten korrekten Beweis des sog. Fundamentalsatzes der Algebra, daß nämlich jede Gleichung  $n$ -ten Grades genau  $n$  Lösungen besitzt. Hier verwendete er, wenn auch noch versteckt, die komplexen Zahlen, und noch heute nennt man die Ebene, in der die komplexen Zahlen veranschaulicht werden, die Gaußsche Zahlenebene.

Die Frucht der tiefgreifenden Untersuchungen auf diesem Gebiet war ein großartiges Buch. Es trägt den Titel „Disquisitiones arithmeticae“ („Arithmetische Untersuchungen“) und ist richtungweisend geblieben bis in unsere Tage. Es erschien 1801, als Gauß bereits mit Hingabe an astronomischen Berechnungen arbeitete. Am 1. Januar 1801 nämlich war einer der kleinen Planeten, die Ceres, entdeckt worden. Der winzige Lichtpunkt konnte aber durch die Ungunst der Verhältnisse nicht lange beobachtet werden. Wollte man die Ceres wiederfinden, so mußte man aus wenigen Bestimmungsstücken die künftige Bahn vorausberechnen. Tatsächlich wurde die Ceres fast genau an der von Gauß angegebenen Stelle

wiedergefunden — eine Leistung, die endgültig seinen wissenschaftlichen Ruf in ganz Europa begründete.

Das Ergebnis vieler spezieller astronomischer Untersuchungen ist wieder ein epochemachendes Buch, die „Theorie der Bewegungen der Himmelskörper“, das 1809 erschien. Man hat dieses Buch nicht zu Unrecht das Gesetzbuch der rechnenden Astronomie genannt.

Ähnlich erfuhr auch die Geodäsie, die Vermessungskunde, aus der Verbindung von Theorie und Praxis die entscheidende Befruchtung. Gauß hatte auf Befehl der hannoverschen Regierung — Göttingen gehörte zu Hannover — die Leitung einer Vermessung des Königreichs Hannover übernommen. Und während er in den Jahren 1821/25 unermüdlich im Gelände die Messungen überwacht, von Triangulationspunkt zu Triangulationspunkt reitet, sich den Strapazen des Bergsteigens unterzieht, während er ein neues Vermessungsinstrument, den Heliotropen, erfindet, während er also ganz in der handgreiflichen Praxis aufzugehen scheint, formen sich ihm die prinzipiellen, mathematisch-abstrakten Konzeptionen, Ideen, die sowohl die Praxis befruchten als auch neue Gebiete fruchtbarer mathematischer Forschung eröffnen. Da ist zunächst die sog. „Methode der kleinsten Quadrate“. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, das Endergebnis z. B. bei der Landvermessung, aber auch bei astronomischen Problemen so zu berechnen, daß es von den Meß- und Ablesefehlern, die beim Umgang mit Fernrohren, Theodoliten usw. unvermeidlich sind, möglichst wenig verfälscht wird. Und da sind seine fundamentalen Ergebnisse zur Differentialgeometrie.

1828 erschien wieder eine grundlegende Abhandlung, die „Allgemeinen Untersuchungen über gekrümmte Oberflächen“. Hier entwickelte Gauß tiefgreifende Begriffsbildungen, wie z. B. die der Krümmung und des Krümmungsmaßes, an die Bernhard *Riemann* und später *Minkowski* und *Einstein* bei der mathematischen Formulierung der Relativitätstheorie anknüpften.

Im September 1828 hatte Gauß als Teilnehmer an der

Tagung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin geweiht. Er fand gastliche Aufnahme bei Alexander von *Humboldt* und war von ihm in seinem Interesse an Studien über den Erdmagnetismus bestärkt worden. In Berlin hatte er auch Wilhelm *Weber* kennengelernt, einen noch jungen Mann, ausgestattet mit dem besten Talent. 1831, drei Jahre später, trat *Weber* eine Professur für Physik in Göttingen an. In gemeinsamer Arbeit bestimmten *Gauß* und *Weber* Richtung und Intensität des magnetischen Feldes, entwickelten neue Apparaturen, organisierten gemeinsam mit *Humboldt* die Ausdehnung des Netzes geomagnetischer Beobachtungsstationen über die ganze Erde und schufen ein eigentliches magnetisches Maßsystem. Besonders bekannt sind als elektromagnetische Maßeinheiten die Einheiten 1 Gauß und 1 Weber. Aus diesen Überlegungen ist das absolute physikalische Maßsystem, das sog. CGS-System, hervorgegangen. Im Ergebnis gemeinsamer Überlegungen erfanden die beiden Gelehrten den elektromagnetischen Telegrafen. Und wieder stieß *Gauß* zu tiefgreifenden theoretischen Verallgemeinerungen vor. Es erschien 1838 eine „Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus“ und ein Jahr später ein Buch, das abermals eine ganze mathematische Theorie, die sog. Potentialtheorie, begründete. Sie erfaßt die Massenanziehung, die elektrische und magnetische Anziehung, und zwar in kosmischen Maßstäben wie bei Elektronen und Atomkernen.

*Gauß* stand zeit seines Lebens in dem Rufe, er habe noch viele Dinge entdeckt, aber halte mit der Veröffentlichung zurück. Als man, erst lange nach seinem Tode, das von ihm geführte wissenschaftliche Tagebuch auffand, wurde diese Meinung bestätigt. Hier finden sich Resultate zur Primzahlverteilung, zur Theorie der elliptischen Funktionen, zu Bahnbestimmungen weiterer Planeten und vieles andere mehr, alles Ergebnisse, die teilweise erst viel später von anderen Forschern abermals gefunden und publiziert worden sind.

Aus dem Tagebuch und aus Briefen geht hervor, daß sich Gauß schon 1792 mit den Grundlagen der Geometrie beschäftigt hatte. Es handelte sich darum, ob das berühmte euklidische Parallelenpostulat mit Hilfe der anderen Postulate zu beweisen sei. Gauß kam zu der Einsicht, daß es unabhängig von den anderen sei und daß darum eine Geometrie aufgebaut werden könne, die ganz anders aussehen müßte als die gewöhnliche, die euklidische. Mit Recht fürchtete Gauß — wie er sie nannte — die „Wespen“, das „Geschrei der Böoter“, worunter er engherzige Pfaffen und voreingenommene Philosophen verstand.

Insgeheim hatte Gauß bei seinen Vermessungen das große Dreieck zwischen den drei Bergspitzen Inselsberg, Brocken, Hoher Hagen daraufhin überprüft, welche Geometrie denn nun in Wirklichkeit gilt. Die Entscheidung wäre gefallen durch eine Abweichung von der Winkelsumme im Dreieck, die in der euklidischen Geometrie  $180^\circ$  beträgt. Wir wissen heute, daß selbst dieses für irdische Verhältnis große Dreieck zu klein war, um solche Abweichungen zu zeigen.

Den mutigen, revolutionierenden Schritt zur Veröffentlichung einer Theorie der nichteuklidischen Geometrie tat nicht Gauß, sondern der große russische Mathematiker *Lobatschewski*, der einem Kreise fortschrittlicher russischer Intellektueller angehörte. Gauß hatte noch in fortgeschrittenem Alter Russisch gelernt, um die immer stärker hervortretenden russischen Mathematiker im Original lesen zu können. Bei *Lobatschewski* fand Gauß seine eigenen materialistischen Ansichten bestätigt, daß man, wie es *Lobatschewski* ausgedrückt hatte, „die Wahrheit (über die wirkliche, die objektiv gültige Geometrie) wie bei anderen physikalischen Gesetzen nur durch Experimente, z. B. durch astronomische Beobachtungen, glaubhaft machen kann“.

Übrigens hatte noch ein dritter Mathematiker unabhängig von Gauß eine nichteuklidische Geometrie entwickelt, und zwar der Ungar *Johann Bolyai*, der Sohn von Gauß' Jugendfreund *Wolfgang Bolyai*.

Gauß besaß neben der geistigen Kraft zur schärfsten mathematischen Abstraktion auch einen außergewöhnlichen Blick für die Anwendungsmöglichkeiten der Mathematik in den Naturwissenschaften und zog aus dem Streben nach deren Verbindung, aus dem Streben nach Einsicht in den mathematischen Kern naturwissenschaftlicher Sachverhalte die Kraft zu größten wissenschaftlichen Leistungen. Er selbst drückte es in den Worten aus: „Ich halte mich überzeugt, daß nicht leicht eine interessante Entdeckung, ein wichtiger Aufschluß etc. herausgerechnet ist, sondern daß er immer aus lebendiger Anschauung des Innern der Sache hervorgehen mußte.“ Dazu traten ein nie erlahmender Fleiß und eine wahre Begeisterung zur numerischen Rechnerei. Wenn auch scherzend, so doch ernst gemeint, äußerte er einmal: „Es liegt eine Art von Poesie im Berechnen von Logarithmentafeln.“

Als im Frühjahr 1957 18 westdeutsche Physiker in Göttingen gegen die Bewaffnung der westdeutschen Armee mit Atomwaffen protestierten und die feierliche Versicherung abgaben, sie würden sich niemals und unter keinen Umständen zwingen lassen, an der Entwicklung von Kernwaffen mitzuarbeiten, da knüpften sie an die humanistischen und patriotischen Traditionen der deutschen Naturwissenschaft an. Göttingen war schon einmal, 1837, der Schauplatz eines ganz Deutschland bewegenden Protestaktes gegen Willkür und Verfassungsbruch. Sieben Professoren der Göttinger Universität verweigerten dem verfassungsbrüchigen hannoverschen König die Huldigung und den Eid auf die neue, antidemokratische Verfassung. Sie blieben standhaft, sie wurden entlassen, aber sie erwarben sich die Liebe der Nation. Die Brüder Jakob und Wilhelm Grimm gehörten zu ihnen, zu ihnen gehörte auch Wilhelm Weber, einer der führenden europäischen Physiker.

Wilhelm Weber wurde am 24. Oktober 1804 als Sohn eines Professors der Theologie in Wittenberg geboren. Schon während der Zeit seiner naturwissenschaftlichen Studien und der nur kurzen Tätigkeit als Privatdozent in Halle suchte er den persönlichen Kontakt mit den nationalbewußten deutschen Gelehrten und Naturwissenschaftlern. Er fand ihn schließlich im Spätherbst des Jahres 1828 auf der Versammlung deutscher Naturforscher in Berlin, an der bedeutende Vertreter der deutschen Naturwissenschaft unter dem Vorsitz Alexander von Humboldts teilnahmen.

Weber war damals knapp 24 Jahre alt, doch hatte er sich schon einen wissenschaftlichen Namen als Physiker gemacht. Die zusammen mit seinem um 10 Jahre älteren Bruder Ernst Heinrich veröffentlichte gründliche Arbeit „Wellenlehre auf Experimente gegründet“ hatte internationale Anerkennung gefunden. Ein Vortrag in Berlin über akustische Probleme vom Standpunkt der Wellen-

lehre aus empfahl ihn besonders bei *Humboldt* und dem ebenfalls anwesenden überragenden Mathematiker *Gauß*, der in Göttingen eine Professur für Astronomie und die Stellung des Direktors der Sternwarte bekleidete.

Hauptsächlich auf die Empfehlung von *Gauß* hin wurde Weber 1831 als Professor für Physik nach Göttingen berufen. Freudig begrüßte *Gauß* die Annahme der Berufung: „Ich wünsche Ihnen herzlich Glück dazu, aber ich wünsche zugleich Göttingen Glück und mir selbst, denn ich rechne darauf, daß der wissenschaftliche und freundschaftliche Verkehr mit Ihnen eine wesentliche Verschönerung meines Lebens sein wird.“

Die Hoffnung beider auf enge wissenschaftliche Zusammenarbeit ging auf das schönste in Erfüllung. *Gauß* stand auf der Höhe seines Ruhmes und war schon geraume Zeit mit magnetischen Untersuchungen beschäftigt. Der um 27 Jahre jüngere Weber schloß sich ihm eng an und wuchs im Laufe der Jahre zu immer größerer Selbständigkeit und Bedeutung heran. Ihre erste gemeinsame Leistung bestand darin, die magnetischen Meßgrößen wie Intensität, Deklination, Inklination auf die drei physikalischen Grundgrößen Länge, Zeit und Masse zurückzuführen. Damit war der Anschluß an die Maßbestimmungen der Mechanik hergestellt.

Die wissenschaftlichen Apparaturen befanden sich teils im physikalischen Kabinett der Universität, teils auf der vor den Toren Göttingens gelegenen Sternwarte. Die räumliche Entfernung – es handelte sich um einen Fußweg von etwa 20 Minuten – war indessen sehr lästig, zumal es darauf ankam, an beiden Orten exakt gleichzeitig Beobachtungen anzustellen. Weber führte nun vom physikalischen Kabinett über die Häuser der Stadt eine doppelte Drahtverbindung und benutzte die verschieden starken und verschieden gerichteten Ablenkungen eines Magneten durch den elektrischen Strom als Verständigungsmittel. Das erste elektromagnetische System der Telegrafie war geschaffen. Weber und *Gauß* erkannten

sogleich die große praktische Bedeutung ihrer technischen Entwicklung und schlugen ihre Anwendung im Sicherungswesen der gerade entstehenden Eisenbahnen vor. Jedoch zerschlugen sich alle hochgespannten Hoffnungen an der Kostenfrage.

Inzwischen war das internationale Netz von Beobachtungsstationen des Erdmagnetismus weiter ausgebaut worden. Der Initiative von *Gauß* und Weber kam hierbei ein bedeutender Anteil zu. *Gauß* und Weber selbst konnten mit ihren vervollkommenen Apparaturen zu einer Beobachtung der erdmagnetischen Erscheinungen von 5 Minuten zu 5 Minuten übergehen. Sie deckten die täglichen Schwankungen der Intensität des Magnetfeldes der Erde auf, und die an vielen Orten vorgenommenen gleichen Messungen lieferten das unbezweifelbare Resultat, daß die Vibrationen auf der ganzen Erde gleichzeitig erfolgen, also jedenfalls terrestrischen Ursprungs sein mußten. Die korrespondierenden Beobachtungen liefen in Göttingen zusammen und wurden von *Gauß* und Weber unter dem Titel „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins“ jährlich herausgegeben. Hier fanden auch Webers Arbeiten über die Tangentenbussole, das elektrochemische Äquivalent des Wassers und den Rotationsinduktor Aufnahme, insgesamt 23 wissenschaftliche Abhandlungen, die Theorie und Praxis des Elektromagnetismus bedeutend förderten. Das riesige Beobachtungsmaterial über den Erdmagnetismus wurde schließlich von *Gauß* und Weber in einem „Atlas des Erdmagnetismus“ zusammengefaßt.

Die fruchtbare wissenschaftliche Zusammenarbeit wurde indessen gewaltsam unterbrochen. Weber weigerte sich zusammen mit sechs seiner Kollegen, den Verfassungsverbruch des hannoverschen Königs zu akzeptieren. Die Göttinger Sieben wurden entlassen, einige sogar des Landes verwiesen. *Gauß* und *Humboldt* versuchten, den hannoverschen König umzustimmen – aber vergebens. Doch die patriotischen Kräfte in ganz Deutschland stellten sich an die Seite der Göttinger Sieben. Sympathie-

kundgebungen fanden in Baden, in Bayern, in Sachsen, in Kurhessen, in Braunschweig und Württemberg statt, Zustimmungserklärungen gingen in reicher Fülle ein, Gedichte priesen ihre Haltung. Überall in Deutschland veranstalteten Komitees patriotischer Männer Geldsammlungen, und aus den überreichlich eingehenden Beiträgen konnte den Sieben der Verlust ihres Gehaltes ersetzt werden. Die Solidarität war allgemein.

Wilhelm Webers Bruder Ernst Heinrich schrieb ihm aus Leipzig: „Die Subskription in Hamburg fällt sehr ansehnlich aus. Dasselbe ist in Berlin der Fall. Auch bei uns geht sie fort. Im Vogtlande und Erzgebirge steuern die ärmsten Leute, Strumpfwirker usw. dazu.“

Auf diese Weise war es Weber möglich, als Privatmann zunächst weiter in Göttingen zu bleiben und seine Arbeiten wenigstens zum Teil fortzusetzen. Von dem auf ihn entfallenden Teil der Solidaritätsspende machte er für seine privaten Bedürfnisse den sparsamsten Gebrauch, aber es mangelte an Geld für die wissenschaftlichen Geräte. Schweren Herzens mußte er sich zur Trennung von Göttingen und von *Gauß* entschließen.

Die herzlichen familiären Beziehungen zu seinem Bruder Ernst Heinrich, dem hervorragenden Anatomen und Physiologen, Professor an der Leipziger Universität, waren auch während Webers Göttinger Zeit nicht abgerissen. Dies bewog ihn schließlich 1843, die Professur für Physik in Leipzig anzutreten.

War die hannoversche Regierung schon durch den mutigen Schritt der Göttinger Sieben in die politische Isolierung gedrängt worden und hatte sie in Anbetracht der allgemeinen Entrüstung keine Schritte gegen andere Eidverweigerer zu unternehmen gewagt, so sah sie sich mit dem Herannahen der 48er bürgerlichen Revolution sogar zur Revision ihrer damaligen Entscheidung gezwungen. 1849 ging Weber, ohne das geringste Zugeständnis gemacht zu haben, als moralischer Sieger nach Göttingen zurück und blieb dort bis zu seinem Tode am 23. Juni 1891 als Professor für Physik.

Inzwischen war Webers internationales Ansehen als Physiker auf Grund bedeutender Arbeiten noch gestiegen. Er hatte sich insbesondere der Elektrodynamik gewidmet. Dieser Zweig der Physik hatte seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts eine schnelle Entwicklung erfahren und eine Fülle von Entdeckungen gebracht. Erst im Jahre 1820 war zur Überraschung der Physiker deutlich geworden, daß zwischen den scheinbar vollständig getrennten magnetischen und elektrischen Erscheinungen in Wahrheit ein ganz enger Zusammenhang besteht. Der Kopenhagener Professor *Oersted* hatte nämlich bemerkt, daß ein fließender elektrischer Strom imstande ist, eine in der Nähe befindliche Magnetnadel abzulenken. In den nächsten Jahren legte *Ampère* die Anfangsgründe einer eigentlichen Elektrodynamik, der Italiener *Nobili* und *Schweigger* in Halle verbesserten das Galvanometer, *Seebeck* entdeckte die Thermostrome, *Ohm* in Berlin deckte den nach ihm benannten Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand auf, und schließlich machte *Faraday* in London 1831 die fundamentale Entdeckung der elektromagnetischen Induktion.

Die Vielzahl elektromagnetischer Effekte drängte zu einer theoretischen Zusammenfassung. Dieser schwierigen Aufgabe unterzog sich Weber. Sieben unter dem Titel „Elektrodynamische Maßbestimmungen“ herausgegebene Abhandlungen enthalten die Früchte seiner Forschungen. Die erste aus dem Jahre 1846 gibt die berühmte Formulierung eines elektrodynamischen Grundgesetzes, mit dem Weber in der Lage war, alle bis dahin bekannten elektromagnetischen Erscheinungen zu erklären, die entstehenden elektromagnetischen Kräfte nach Intensität und Richtung zu berechnen. Dieses sog. Webersche Grundgesetz, das auf der Grundvorstellung sofort wirkender Fernkräfte beruhte, galt bis zum Aufkommen der *Maxwellschen* Theorie als theoretischer Schlußstein der Elektrodynamik. Auf diese Weise lieferte Weber wesentliche theoretische Grundlagen für den Aufschwung der elektrotechnischen Industrie, insbesondere

der Siemensschen Unternehmungen in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts in Deutschland.

Der um die Entwicklung der Elektrodynamik hochverdiente Weber erlebte noch die Ehrung, daß der erste internationale Kongreß für Elektrizität 1881 in Paris die internationale elektromagnetische Stromeinheit mit 1 Weber benannte.

In der Geschichte der optischen Industrie Deutschlands und in der Geschichte der wissenschaftlichen Optik nimmt der Name Josef Fraunhofer, der Name des Münchener Optikers, der für seine Zeit wohl der bedeutendste war, einen besonderen Platz ein.

Josef Fraunhofer wurde am 6. März 1787 als zehntes Kind eines kleinen Glasermeisters in der niederbayrischen Stadt Straubing geboren. Früh verwaist, kam er zwölfjährig nach München zu einem Spiegelmacher in die Lehre. Da Fraunhofer das erforderliche Lehrgeld nicht zahlen konnte, sollte er sechs Jahre lang unentgeltlich bei seinem Lehrherrn arbeiten. Das sah so aus, daß er hauptsächlich als Laufbursche und für die Meisterin als Küchenjunge von früh bis spät arbeiten mußte, denn der „Lehrherr“ dachte keineswegs daran, dem Jungen in dieser Zeit eine ordentliche Lehre angedeihen zu lassen. Er sah in ihm vielmehr ein willkommenes Ausbeutungsobjekt. Dafür spricht auch das von ihm ausgesprochene Verbot des Besuches der Sonntagsschule, der einzigen dürftigen Bildungsmöglichkeit.

1801 stürzte das Haus des Handwerksmeisters ein; der junge Fraunhofer wurde erst nach vier Stunden, zum Glück unverletzt, aus den Trümmern geborgen. Dieses Ereignis zog das Interesse „hochherziger Hofkreise“ auf Fraunhofer. Der bayrische Kurfürst schenkte dem so glücklich geretteten Jungen 18 Dukaten, und der Hofkammerrat Utzschneider nahm sich des Jungen an. Er unterstützte dessen Wunsch, den Beruf eines Optikers zu erlernen. Von dem Geld kaufte sich Fraunhofer eine Glasschleifmaschine und begann, an den Sonntagen optische Gläser zu schleifen. Utzschneider gab ihm Bücher über Geometrie und Optik zu lesen, damit er sich die notwendigen naturwissenschaftlichen Kenntnisse für den Beruf aneignen konnte. Der Lehrherr aber verbot weiterhin jegliche Beschäftigung mit Büchern. Daraufhin kaufte sich Fraunhofer für den Rest des Geldes frei und

versuchte, als selbständiger Glasschleifer und Graveur zu arbeiten. Utzschneider, der inzwischen mit dem berühmten Ingenieur Reichenbach eine mechanische Werkstatt gegründet hatte, entsann sich des Jungen und stellte ihn 1807 als Optiker ein. Sein Eintritt wurde von Reichenbach mit den Worten begrüßt: „Das ist der Mann, den wir suchen. Der wird uns leisten, was uns noch gefehlt hat.“

Nach seinem Eintritt in die Werkstatt ging Fraunhofer sofort daran, die Voraussetzungen für die Fertigung hochwertiger Linsen für die Geräte zu schaffen. Denn es war damals noch nicht möglich – obwohl vor Fraunhofer bereits bekannte Glasschmelzer und Optiker eingestellt worden waren –, die optischen Teile der Geräte in so guter Qualität herzustellen, daß man damit gegen die berühmten englischen Geräte konkurrieren konnte.

Die optische Abteilung der mechanischen Anstalt wurde bald der wichtigste Teil, so daß sich Utzschneider und Reichenbach entschlossen, diese Abteilung als selbständige Werkstatt außerhalb Münchens nach dem kleinen Ort Benediktbeuren zu verlegen und Fraunhofer als dritten Teilhaber in die Firma aufzunehmen. Das war im Jahre 1809. Fraunhofer konnte nun selbständig als Leiter der optischen Werkstatt und bald darauf auch der Glasschmelze an die Entwicklung und Vervollkommnung neuer Glassorten und Linsen gehen. 1812 gelang es ihm erstmalig, einen Achromaten von 176 mm Durchmesser herzustellen. Das Ergebnis befriedigte ihn aber keineswegs, er suchte neue Wege, um das Farbzerstreungsvermögen einzelner Gläser nach den verschiedensten Methoden zu prüfen. Er untersuchte die Dispersion des Lichtes in verschiedenen Prismen und verwendete dabei als Lichtquelle auch das Sonnenlicht. Dabei entdeckte er im Spektrum des Sonnenlichtes eine Reihe dunkler Linien, die heute ihm zu Ehren „Fraunhofersche Linien“ genannt werden. Jede dieser Linien bezeichnet eine bestimmte Stelle in der Farbenreihe. Sie entstehen, wie wir heute wissen, beim Durchgang des Sonnenlichts

durch Gase und Dämpfe der Sonnen- und Erdatmosphäre, die das Licht verschlucken oder absorbieren, das sie selbst beim Leuchten aussenden würden.

Mit der Mitteilung „Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögens verschiedener Glasarten, in bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernrohre“, aufgenommen in die Denkschriften der Akademie der Wissenschaften zu München 1817, erbrachte Fraunhofer den Beweis dafür, daß er fähig war, ein Problem wissenschaftlich abzuhandeln und auszuwerten. Diese Arbeit veranlaßte die bayrische Akademie dazu, Fraunhofer am 3. Mai 1817 zu ihrem korrespondierenden Mitglied zu wählen.

Weitere Arbeiten über Qualitätsveränderungen an Gläsern und über die Modifikationen des Lichtes festigten den Ruf Josef Fraunhofers als eines hervorragenden Optikers, so daß er am 12. Mai 1821 als „außerordentliches besuchendes Mitglied“ der Akademie aufgenommen wurde. 1823 wurde ihm von der Universität Erlangen die Ehrendoktorwürde verliehen, und 1824 wurde er vom bayrischen König geadelt.

Dieser steile Aufstieg innerhalb von knapp zwei Jahrzehnten vom armen Lehrjungen zum angesehenen Wissenschaftler bedeutete für Fraunhofer keineswegs den Weg in ein sorgloses, ruhiges Dasein. Zeit seines kurzen Lebens ist Fraunhofer das Ausbeutungsobjekt Stärkerer geblieben. Beklagte er sich am Schluß seiner ersten großen Arbeit darüber, daß er aus Mangel an Zeit nur die praktische Seite seiner Untersuchungen behandeln konnte, so mußte er auch weiterhin der Firma bringen, was seine Teilhaber von ihm forderten, seine eigenen wissenschaftlichen Interessen aber dem Profit seiner stärkeren Partner opfern.

Fraunhofer hat die Anstalt erst zu dem über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannten Institut gemacht. Er hatte 1811 achromatische Linsensysteme für Mikroskope und 1816 ein großes Mikroskop mit 150facher Vergrößerung vollendet. Im gleichen Jahr konstruierte Fraunhofer

Heliometer für Abstandsmessungen am Himmel. Mit einem dieser Instrumente gelang es später *Bessel*, die Entfernung eines Doppelsternes im Sternbild des Schwan zu bestimmen.

Nachdem Reichenbach aus dem Unternehmen ausgeschieden war, wurde es von Utzschneider und Fraunhofer gemeinsam weitergeführt. 1819 siedelte Fraunhofer nach München über; damals war er bereits so weit, daß er es wagen konnte, mit dem Spiegelteleskop von *Herschel* in Wettbewerb zu treten.

Fraunhofers größter Erfolg war der Bau des großen Refraktors für die Sternwarte in Dorpat. Dieser Refraktor erregte in der wissenschaftlichen Welt großes Aufsehen.

Der Idealismus, mit dem Fraunhofer an die Erledigung seiner Aufgaben ging, wurde aber von seinen Geschäftspartnern weidlich ausgenutzt. In Verbindung mit der Festsetzung des Preises für den Dorpater Refraktor schrieb Fraunhofer an seinen Freund Schumacher: „Ungeachtet Herr v. Utzschneider die eigenen Auslagen nicht wissen konnte, so hatte ich doch mit ihm einen sehr großen Kampf zu bestehen, daß nicht, wie er es wollte, ein höherer Preis für das Instrument eingesetzt wurde. Daß dennoch er sich der Generösität rühmt und auch dabei mich die Rolle eines Subordinierten spielen läßt, entspricht seinem Charakter und ist nicht neu . . . Wollte ich alle ähnlichen Intrigen ahnen, so würde die optische Anstalt bald in Trümmer gehen . . . es vergeht fast keine Woche, wo ich nicht . . . Opfer dieser Art bringen müßte.“

Um diesen Widerwärtigkeiten aus dem Wege zu gehen, hat Fraunhofer eine besoldete Anstellung bei der Akademie angenommen. 1823 wurde er Konservator des Physikalischen Kabinetts.

Auch bei der Akademie fand er wenig Verständnis für seine theoretischen Arbeiten, vor allem nicht für die über die Gesetze des Lichtes.

Neben seiner Tätigkeit an der Akademie hat Fraunhofer von 1824 an auch öffentliche Vorlesungen gehalten „Über mathematisch-physikalische Optik von Experimenten

begleitet. Wöchentlich zweimal für einen von ihm nach den Eigentümlichkeiten seiner wissenschaftlichen Vorträge zu bestimmenden Kreis von Zuhörern“.

Seine letzten großen praktischen Arbeiten waren die Anfertigung eines Refraktors ähnlich dem des Dorpater, der an die Berliner Sternwarte kam, und eines Heliometers für *Bessel*. Seine letzten theoretischen Untersuchungen galten der „Theorie der Höfe, Nebensonnen und verwandter Phänomene...“, die er am 15. Januar 1825 der Akademie vortrug.

Von Natur aus schwächlich, war seine Gesundheit frühzeitig untergraben, und im Herbst 1825 machte sich bei ihm ein hartnäckiges Brustleiden bemerkbar, eine Folge der schweren und ungesunden Arbeit an den Schmelzöfen und in der Schleiferei. Auf Anraten seiner Ärzte sollte er nach Italien zur Kur. „Allein“ – so schreibt er an Schumacher – „da ich niemanden habe, der mein Geschäft einigermaßen fortführen könnte und dadurch ein so großer Schaden entstünde, daß ich ihn nach mehreren Jahren erst wieder repariert haben könnte, so konnte ich mich zu dieser kostspieligen Reise nicht entschließen...“

Josef Fraunhofer starb am 7. Juni 1826. Nach seinem Tode schrieb einer seiner Freunde an *Struve*: „Er starb als ein wahrer Märtyrer.“

Für uns ist heute Josef von Fraunhofer einer der Begründer der optischen Industrie in Deutschland, der als erster diesen Produktionsprozeß auf wissenschaftliche Erkenntnisse gründete. Aufgerieben in den Kämpfen der beginnenden kapitalistischen Ausbeutung, starb er viel zu früh; die menschliche Gesellschaft hätte noch Bedeutendes von ihm erwarten können.

Als Justus von Liebig im Jahre 1844 in der Augsburger Allgemeinen Zeitung seine „Chemischen Briefe“ veröffentlichte — eine Folge allgemeinverständlicher Artikel aus dem Gebiete der Chemie —, da konnte der 41jährige bereits auf eine wissenschaftliche Arbeit zurückblicken, wie sie nur Chemiker vom Rang eines *Berzelius*, *Dalton*, *Lavoisier* oder *Stahl* aufzuweisen hatten.

Innerhalb von 27 Jahren hatte Liebig in seinem weltberühmt gewordenen Forschungs- und Lehrinstitut in Gießen nicht nur viele neue chemische Entdeckungen der Welt unterbreitet, die Grundlagen eines unübersehbar weiten Gebietes der Chemie — der organischen Chemie — gelegt und eine Generation hervorragender Chemiker ausgebildet, sondern zugleich auch der Industrie und Landwirtschaft neue Anwendungsmöglichkeiten der Chemie erschlossen, Produktionsverfahren entwickelt und die Grundlagen der künstlichen Düngung geschaffen.

Diese Leistungen vollbrachte Liebig in einer Zeit, in der die Naturwissenschaften in Deutschland wenig anerkannt und gefördert und von der romantischen Naturschwärmerei und Naturphilosophie bevormundet wurden. Als 18jähriger Student hörte er in Erlangen noch die Vorlesungen des Philosophieprofessors Schelling, des Hauptvertreterers jener idealistischen Philosophie, die Erkenntnisse allein durch rein geistige Überlegungen zu gewinnen vorgab und jede exakte experimentelle Erforschung der Natur als stümperhafte Handwerkelei diskreditierte.

Nur kurze Zeit hatten ihn diese spekulativen Ideen zu fesseln vermocht, denn Liebig hatte schon als Kind die praktische chemische Tätigkeit lieb gewonnen und seinem Vater, einem kleinen bürgerlichen Unternehmer, geholfen, Lacke, Firnisse, Farben u. a. Chemikalien herzustellen. In seiner freien Zeit hatte er unzählige chemische Versuche wiederholt, die er beim Studium chemischer Bücher kennengelernt hatte.

Viel entscheidender als die zwei Jahre, die Liebig in Bonn und Erlangen Chemie studierte, wurde für seine weitere Entwicklung der Aufenthalt in Paris, im Laboratorium der Chemiker *Vauquelin* und *Gay-Lussac*. Man möchte es fast einen glücklichen Zufall nennen, daß der 19jährige Liebig auf Grund seiner Teilnahme an der patriotischen Studentenbewegung nach Frankreich fliehen mußte, um den Häschern der feudalen Reaktion zu entkommen.

Frankreich war um 1823 trotz aller Restaurationsversuche des „Emigrantenkönigs“ Karl X. ein fortgeschrittenes bürgerliches Land, in dem seit der Revolution von 1789 die kapitalistischen Produktionsverhältnisse erstarkt waren, in dem Manufakturen und Fabriken erweitert oder neu gegründet wurden und in dem Industrielle oder Staatsbeamte die große wirtschaftliche Bedeutung der Naturwissenschaften, besonders der Chemie, erkannt hatten und sie förderten.

An der Sorbonne hörte Liebig Vorlesungen, die auf exakten naturwissenschaftlichen Erkenntnissen aufbauten und erkenntnistheoretisch vom philosophischen Materialismus ausgingen; hier wurde Liebig vertraut mit der von *Lavoisier*, *Monge*, *Fourcroy*, *Gay-Lussac* entwickelten systematischen chemischen Forschungsarbeit und der planmäßigen Unterrichtsmethodik; hier lernte er den Nutzen einer engen Zusammenarbeit zwischen Industrie und Wissenschaft kennen; hier erkannte er die gewaltigen Möglichkeiten für die Praxis, die durch ernste und zielstrebige Forschungsarbeiten verwirklicht werden konnten.

Hier wurde in ihm die Kraft und Begeisterung geweckt, mit der er wenige Jahre später in einem alten Wachthäuschen am Seltersberg zu Gießen den Kampf um die gesellschaftliche Anerkennung und Nutzenanwendung der exakten Naturwissenschaften in Deutschland aufnahm, und hier überwand er schließlich gründlich, was die Vorlesungen des Naturphilosophen Schelling in ihm zurückgelassen hatten.

Als Liebig 1824 nach Deutschland zurückkehrte, war er kein Unbekannter mehr. Seine experimentelle Geschicklichkeit, seine gute Beobachtungsgabe und Kombinationsfähigkeit hatten *Gay-Lussac*, den berühmten französischen Professor der Naturwissenschaften, veranlaßt, ihn in seinem eigenen Laboratorium arbeiten zu lassen, nachdem er Liebigs Untersuchungen und Vergleiche der knallsauren Salze und der Zyandoppelsalze kennengelernt und sie persönlich vor der Französischen Akademie der Wissenschaften vorgetragen hatte. Nach glänzend bestandenen Prüfungen, die Liebig nach seiner Rückkehr an der Universität Gießen absolvierte, wurde er hier im Alter von 21 Jahren zum Professor für Chemie ernannt.

Nun begannen für Liebig Jahre unermüdlichen Fleißes und überwältigender Erfolge. „In Gießen“, so schrieb er später, „konzentrierte sich alles in der Arbeit, und diese war ein leidenschaftliches Genießen. Wir arbeiteten, wenn der Tag begann, bis zur sinkenden Nacht. Zerstreuungen und Vergnügungen gab es in Gießen nicht. Die einzigen Klagen, die sich stets wiederholten, waren die des Dieners, welcher am Abend, wenn er reinigen wollte, die Arbeitenden nicht aus dem Labor bringen konnte.“

Liebig hatte zu lernen verstanden, und er verstand es, darauf aufzubauen, Neues zu entwickeln und ideenreich zu lehren. Mit den Erfolgen wurde Gießen wie Paris und Stockholm Mittelpunkt chemischer Forschung. Der Platz reichte nicht aus, um alle Studenten, die aus vielen Ländern herbeieilten, aufnehmen zu können.

Eine wichtige Aufgabe erblickte Liebig darin, die Zusammensetzung der von Lebewesen erzeugten Stoffe zu erforschen, um die Verbindungen der organischen Chemie nach inneren Merkmalen systematisieren zu können. Es gelang ihm, einen neuen Apparat zur quantitativen Analyse der organischen Stoffe zu entwickeln, mit dessen Hilfe die mengenmäßige Zusammensetzung einer großen

Anzahl organischer Verbindungen ermittelt werden konnte.

Eines der wichtigsten Resultate seiner experimentellen Untersuchungen ist Liebig's „Radikaltheorie“. Ausgehend von Untersuchungen, die er mit *Wöhler* über die Benzoesäure angestellt hatte, bewies Liebig, daß es in der organischen Chemie viele verschiedene Verbindungen gibt, die sich von einer einzigen Stammsubstanz ableiten. Eine solche Stammsubstanz (Liebig nannte sie „Radikal“) hatte er in dem sog. Benzoyl erkannt, das sowohl der Benzoesäure wie dem Bittermandelöl — dem Benzaldehyd, dem Benzoylchlorid, -bromid, -jodid, -cyanid und -sulfid wie dem Benzamid zugrunde liegt.

Liebig's Radikaltheorie, die später weiter vervollkommen werden konnte, bildete eine der ersten, experimentell erwiesenen Grundlagen für eine ordnende Theorie in der organischen Chemie.

Liebig wußte, daß die Chemie nicht allein durch wissenschaftliche Erkenntnisse ihren gesellschaftlichen Wert unter Beweis stellen und Anerkennung finden konnte. Daher kämpfte er, der in der wirtschaftlichen Entwicklung auch die Grundlage für das Gedeihen der Wissenschaft erblickte, gegen Vorurteile und Kurzsichtigkeit praktizistischer und empiristischer Vertreter in Industrie und Verwaltung und für die Anwendung der wissenschaftlichen Grundsätze der Chemie in allen chemischen Produktionszweigen. Seine Tätigkeit wurde durch die gesellschaftliche Entwicklung begünstigt, die sich nach den Befreiungskriegen in Deutschland Bahn brach. Die Zollschranken zwischen den einzelnen deutschen Ländern wurden beseitigt, Industrie und Handel entwickelten sich, ein nationaler Markt bildete sich heraus. Die teilweise Aufhebung der Leibeigenschaft und die Vertreibung vieler Bauern vom Land verstärkte den Zustrom von Arbeitskräften nach den Industriezentren. Deutschland verwandelte sich innerhalb einiger Jahrzehnte aus einem Agrarland in ein Industrieland. Schnell wuchsen die Städte, stieg die Nachfrage nach Nahrungs-

mitteln. Die halbfeudal betriebene Landwirtschaft war diesen Anforderungen nicht gewachsen.

Liebig erkannte nicht die gesellschaftlichen Ursachen von Preissteigerungen, Hungersnöten und Unterernährung der von Junkern und Kapitalisten ausgebeuteten Arbeiter und Bauern, aber er gab sich auch nicht mit solchen lebensfeindlichen Lehren zufrieden, wie sie der Theologe Malthus zu Beginn des 19. Jahrhunderts gepredigt hatte: daß sich die Bevölkerung in geometrischer Reihe, der Nahrungsspielraum jedoch nur in arithmetischer Reihe erweitere und es ein Naturgesetz sei, daß die sogenannte Überbevölkerung durch Hungersnöte und Kriege beseitigt würde.

Liebig untersuchte die Nahrungsbedingungen der Pflanzen und stellte fest, daß zu ihrem Wachstum nicht nur Humus nötig ist, sondern daß sie dazu die Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kalzium, Kalium, Phosphor, Schwefel, Magnesium und Eisen benötigen. Er wies weiter nach, daß ein Teil dieser wichtigen Elemente Jahr für Jahr dem Boden entzogen wird, ohne daß für Nachschub gesorgt ist, so daß dadurch die Böden immer mehr an Ertragsfähigkeit verlieren, und er schlußfolgerte daraus: „Wir sind imstande, den unfruchtbarsten Boden in den Zustand der größten Fruchtbarkeit für jede Pflanzengattung zu versetzen, wenn wir ihm die Bestandteile geben, welche sie zu ihrer Entwicklung bedürfen . . . Wir werden durch den vereinigten Fleiß der Chemiker aller Länder in wenigen Jahren der Lösung dieser Aufgabe entgegensehen können und . . . zu einem rationalen, in seinen Grundfesten unerschütterlichen Systeme der Land- und Forstwirtschaft für alle Länder und alle Bodenarten gelangen.“

Trotz seiner gründlichen Untersuchungen weckten Liebigs Worte nicht überall Begeisterung; viele Fachleute bekämpften seine Düngelehre, und als die ersten Versuche mit seinem Patentdünger scheiterten, triumphierten alle, die an der Preissteigerung landwirtschaftlicher Produkte interessiert waren. Aber Liebig ließ sich nicht

entmutigen. Er setzte die Untersuchungen fort, bis er die Fehler herausfand: die Pflanze deckte ihren Stickstoffbedarf nicht aus dem Ammoniakgehalt der Luft, wie er angenommen hatte. Seinem Patentdünger mußten also Stickstoffverbindungen zugefügt werden. Außerdem mußte der Dünger wasserlöslich gemacht werden. Nach diesen Korrekturen fielen die Ergebnisse zufriedenstellend aus. Die Besserwisser schwiegen, und die Naturwissenschaft feierte einen ihrer größten Triumphe.

In den letzten zwei Jahrzehnten seines Lebens, die Liebig in München verbrachte, konnte er aus gesundheitlichen Gründen nur noch wenig experimentell arbeiten. Aber er legte seine Hände nicht in den Schoß. In wissenschaftlichen und allgemeinverständlichen Vorträgen und Veröffentlichungen setzte er den Kampf um die Gleichberechtigung der Chemie und um die Nutzbarmachung ihrer Ergebnisse in Industrie und Landwirtschaft erfolgreich fort. In seinen Arbeiten „Über die Anwendung der Chemie auf Agrikultur und Physiologie“, „Über den Ernährungswert der Speisen“, über die Erfindung des nach ihm benannten Fleischextrakts und einer Säuglingsuppe und „Über die Ökonomie der menschlichen Kraft“ verstand er es, in bilderreichen Sätzen auch schwierige Fragen verständlich darzulegen.

Unzählig viele chemische Verbindungen wurden seit dieser Zeit entdeckt, neue Stoffe, die in der Natur selbst nicht vorkommen, wurden hergestellt. Justus von Liebig hat für diesen gewaltigen Fortschritt in der Chemie zu einem großen Teile die Grundlagen geschaffen. Durch seine Arbeiten wurde es möglich, tiefer in den Ablauf der Naturgesetze einzudringen und sie zum Wohle der Menschen auszunützen.

Am 25. Oktober 1823 fuhr der 23jährige Friedrich Wöhler mit einem kleinen Segelschiff von Travemünde nach Schweden. Er war dem Rat seines Lehrers, des bedeutenden Mediziners und Chemikers Leopold *Gmelin*, gefolgt, im Laboratorium des berühmten Chemikers Jacob *Berzelius* seine Ausbildung als Chemiker zu vollenden.

*Gmelin* hatte die große experimentelle Begabung Wöhlers erkannt. Er wußte, daß dieser bereits als Schüler neben seinem Unterricht am Frankfurter Gymnasium in der Wohnung des Privatgelehrten *Buch* mit Erfolg chemisch laboriert hatte und daß der junge Wissenschaftler, der vielen Universitätsprofessoren an Erfahrungen und Kenntnissen auf dem Gebiet der Chemie überlegen war, in Deutschland nichts Wesentliches mehr lernen konnte.

Denn in Deutschland wurde die Entwicklung der Chemie, die im 18. Jahrhundert so erfolgreich vorangeschritten war, durch die idealistische Philosophie und romantische Naturschwärmerei gehemmt. *Gmelin*, der selbst einst Schüler *Berzelius'* gewesen war, gehörte zu den wenigen deutschen Professoren, die sich in dieser Zeit zu der realistischen Tradition der Chemie bekannten.

Diese Tradition wurde in den ökonomisch und politisch fortgeschrittenen Ländern wie Frankreich, England und Schweden weitergeführt, und fast zur gleichen Zeit, da Justus von *Liebig* bei *Gay-Lussac* in Paris weilte, ging Friedrich Wöhler in die Lehre des Meisters der chemischen Analyse und Theorie, zu Jacob *Berzelius*, nach Stockholm.

Wie *Liebig* in Frankreich lernte Wöhler in Schweden die Kunst des zielgerichteten Experiments, die hohe präparative Technik, die Fähigkeit, geduldig und genau zu beobachten, Erfahrungen zu ordnen, allgemeine Zusammenhänge zu ermitteln und die Richtigkeit der Erkenntnisse an der Praxis zu überprüfen. Wie *Liebig* erkannte Wöhler die Notwendigkeit, aus der Produktionspraxis zu lernen und für die Praxis zu forschen. Gemeinsam mit

*Berzelius*, der Wöhler mit all seinen neuen Untersuchungsverfahren und -methoden vertraut gemacht hatte, besuchte Wöhler die Kupferhütten zu Sala, die Eisenwerke zu Skinskatteberg, die Kobaltgruben zu Tunaberg und andere Fabriken und Bergwerke Südschwedens.

Nach einjähriger gemeinsamer Arbeit mit *Berzelius* kehrte Wöhler über Dänemark nach Deutschland zurück als gereifter, energiegeladener Mann, der eigene Arbeiten und Entdeckungen mitbrachte und die Experimentierkunst wie sein Meister beherrschte. Bereits nach vierjähriger Tätigkeit an der in Berlin neu gegründeten Gewerbeschule, an der Fachleute für die wachsenden Bedürfnisse der Industrie und des Handels ausgebildet wurden, gelangen ihm zwei seiner größten Entdeckungen.

In seinen Versuchen, reines Aluminium zu gewinnen, hatte Wöhler die Arbeiten des Chemikers *Oersted* fortgesetzt, dem es gelungen war, aluminiumhaltiges Kalium herzustellen. Nach wenigen Monaten konnte Wöhler in Poggendorffs Annalen der Chemie schreiben, daß er Aluminiumchlorid mit reinem Kalium zu Aluminium reduzieren und verschiedene Verbindungen, wie Schwefel- und Phosphoraluminium, herstellen könne.

Obleich Wöhlers Entdeckung großes Aufsehen erregte, fand sie doch nicht die Auswertung, die Wöhler wünschen durfte. Etwas bitter mußte er 27 Jahre später, als aus Frankreich bekannt wurde, daß *Henri Sainte-Claire Deville* mittels Reduktion des Kryoliths durch Natrium Aluminium fabrikmäßig herstellen konnte, schreiben: „Traurig ist bei dieser Gelegenheit, wieder zu sehen, daß die Deutschen nur auf das, was aus dem Ausland kommt, Wert legen.“ Aber was die Landsleute versäumten, wußten die Franzosen wiedergutzumachen, indem sie den Vorschlag des berühmten französischen Chemikers *Dumas* verwirklichten und Wöhler wie *Deville* das Offizierskreuz der Ehrenlegion verliehen.

Ein Jahr nach der Darstellung des Aluminiums konnte Wöhler 1828 seine bedeutendste Entdeckung bekanntgeben. In seinem Aufsatz „Ein Beispiel von der künst-

lichen Erzeugung eines organischen – und zwar sogenannten animalischen – Stoffes aus unorganischen Stoffen“ wies er nach, daß man durch Erhitzen von Ammoniumcyanat Harnstoff erzeugen kann.

Heute, da Tausende organischer Stoffe aus unorganischen aufgebaut werden können, würde eine solche Mitteilung keine Überraschung hervorrufen; vor 132 Jahren jedoch war sie eine Sensation. Denn bis zu diesem Tage herrschte die Meinung, daß der Chemiker niemals tierische oder pflanzliche Stoffe künstlich aus unorganischen Stoffen würde herstellen können.

Wöhler aber konnte an *Berzelius* schreiben, daß er „Harnstoff machen kann, ohne dazu Nieren oder überhaupt ein Tier, sey es Mensch oder Hund, nötig zu haben“.

Damit waren die idealistischen Vorstellungen des Vitalismus, der das für menschenunmöglich erklärte und einer mystischen Kraft zuschrieb, was herzustellen der Wissenschaft noch nicht möglich gewesen war, durch das Experiment widerlegt. Damit war zugleich der Bann gebrochen, der die Chemiker davon abhielt, Mittel und Wege für organische Synthesen zu suchen.

Der Optimismus des Naturforschers, der die Natur nicht mit vorgefaßten Ideen zu verklären, sondern aus ihrer Materialität heraus zu erklären strebt, fand 1838 in den Worten Wöhlers und *Liebigs* überzeugenden Ausdruck. In der Einleitung ihrer gemeinsamen Arbeit über die Harnsäure schrieben sie: „Die Philosophie der Chemie wird aus dieser Arbeit den Schluß ziehen, daß die Erzeugung aller organischen Materien . . . in unsern Laboratorien nicht allein als wahrscheinlich, sondern als gewiß betrachtet werden muß. Zucker, Salicin, Morphin werden künstlich hervorgebracht werden. Wir kennen freilich die Wege noch nicht, auf denen dieses Endresultat zu erreichen ist, weil uns die Vorderglieder unbekannt sind, aus denen diese Materien sich entwickeln, allein wir werden sie kennen lernen.“

Inzwischen hatte der zum Professor ernannte Wöhler aus familiären Gründen seine Tätigkeit an der nun auch

in Kassel gegründeten Gewerbeschule fortgesetzt. Vier Jahre später, 1835, übernahm er die Professur für Chemie und Pharmazie an der Universität Göttingen, an der er bis zu seinem Tode wirkte.

1825 hatte er *Berzelius'* Lehrbuch der Chemie übersetzt, 1831 seinen „Grundriß der unorganischen Chemie“ geschrieben, der bis 1873 fünfzehn Auflagen erlebte. Der ständigen Wiederholungen müde, verfaßte er 1849 ein Buch zur praktischen Anleitung, „Beispiele zur Übung in der analytischen Chemie“, das 1853 und 1861 jeweils unter einem neuen Titel neu aufgelegt wurde.

Ebenso stark wie durch seine Schriften wirkte Wöhler durch seine Persönlichkeit. Auch im größten Erfolg blieb er der bescheidene, hinter sein Werk zurücktretende Forscher. Ihm ging es stets um die Sache; mit ruhigen, humorvollen Worten hat er manchen Streit geschlichtet und manches Zerwürfnis verhindert. Er betrachtete sein Werk als Teil einer großen Gemeinschaftsarbeit und nannte anerkennend all jene Autoren, auf deren Arbeiten er seine Untersuchungen aufgebaut hatte.

Besonders eng war er mit Justus von *Liebig* befreundet. Durch ihre zahlreichen gemeinsamen Arbeiten auf experimentellem, theoretischem und chemisch-gewerblichem Gebiet wuchsen die beiden Wissenschaftler eng zusammen. Am Silvesterabend 1871 brachte *Liebig* dies in einem Brief an Wöhler zum Ausdruck:

„Ich kann das Jahr nicht ablaufen lassen, ohne Dir noch ein Zeichen meiner Fortexistenz zu geben und die herzlichsten Wünsche für Dein und der Deinigen Wohl im neuen auszusprechen. Lange werden wir uns Glückwünsche zu neuen Jahren nicht mehr senden können; aber auch wenn wir tot sind, werden die Bande, die uns im Leben vereinigten, uns beide in der Erinnerung der Menschen stets zusammenhalten, als ein nicht häufiges Beispiel von zwei Männern, die treu, ohne Neid und Mißgunst, in demselben Gebiete rangen und stritten und stets in Freundschaft eng verbunden blieben.“

Der bedeutende deutsche Naturforscher Matthias Jakob Schleiden wurde am 5. April des Jahres 1804 in Hamburg geboren. Der Name dieses Mannes ist mit einer der großartigsten und folgenreichsten naturwissenschaftlichen Entdeckungen des 19. Jahrhunderts verknüpft: Mit der Erkenntnis, daß jeder pflanzliche und tierische Körper aus einer mehr oder weniger großen Zahl kleiner, nur mit optischen Hilfsmitteln sichtbar zu machender Lebewesen, den sogenannten Zellen, besteht.

Wir kennen naturwissenschaftliche Theorien, die mit einer historisch genau zu datierenden Entdeckung ihren Anfang nahmen. Andererseits gibt es wissenschaftliche Lehren, deren Beginn nicht genau zu datieren ist und bei denen es schwerfällt, einen einzelnen Forscher als ihren Begründer zu bezeichnen. Die Bestrebungen vieler sind zu einem gemeinsamen Endziel zusammengefloßen, und es ist nicht leicht, die Verdienste des einzelnen abzugrenzen und zu werten. Die Zellenlehre gehört zu der letztgenannten Gruppe wissenschaftlicher Theorien.

Schon im 17. und 18. Jahrhundert finden sich richtige Einzelbeschreibungen pflanzlicher und tierischer Strukturen, ohne daß die Autoren sich bewußt wurden, welche umfassendere Bedeutung ihre Ermittlungen besaßen. Wegen der Kleinheit der Zelle bedurfte es erst der Entwicklung des Mikroskopes, ehe das Studium der Struktur der lebenden Materie in Angriff genommen werden konnte. Diese neue Methode der Naturbeobachtung und Naturforschung brauchte um ihre Anerkennung nicht lange zu ringen, denn es war die Zeit, da das junge, damals noch progressive Bürgertum die geistige Diktatur der Kirche brach und auf der Grundlage der neuen Produktionsverhältnisse und des raschen Wachstums der Produktivkräfte den großartigen Entfaltungsprozeß der modernen Naturwissenschaft einleitete. Jede Methode, die sich dem Forscher bot, um das Naturobjekt selbst zu studieren, wurde bereitwillig aufgegriffen.

Die erste Darstellung der zelligen Struktur pflanzlichen Materials findet sich in der 1665 erschienenen „*Mikrographia*“ des englischen Naturforschers Robert *Hooke*. Unter den verschiedenen Gegenständen, die *Hooke* betrachtete und beschrieb, befanden sich auch Stücke von Holzkohle und dünne Schnitte von Flaschenkork. Er bemerkte im Flaschenkork regelmäßig gestellte Hohlräume, die er Poren oder Zellen nannte. Die einzelnen Zellen waren für ihn allseitig geschlossene Kämmerchen, die er mit Bienenwaben verglich. Später fand er, daß das Mark des Holunders und die Stengel von Fenchel, Mohrrübe, Farnen und Riedgräsern ähnliche Strukturen aufweisen. Noch während des 17. Jahrhunderts wurden weitere Erkenntnisse gesammelt, die zeigten, daß die verschiedensten Teile der Pflanzen, wie Rinde, Holz, Knospen und Früchte, aus kleinen Strukturelementen bestehen, die man Bläschen oder Zellen nannte und die nach ihrem verschiedenartigen Aussehen klassifiziert wurden. Charakteristisch für diese Periode der Sammlung von Einzelkenntnissen war, daß das Augenmerk auf die mehr oder weniger dicken Wände zwischen den einzelnen Kämmerchen oder Zellräumen gerichtet war, während der Inhalt kaum Beachtung fand. Des weiteren betrafen die Beobachtungen nur pflanzliches Material, während die in der Regel kleinere und nur mit einer dünnen Membran ausgestattete tierische Zelle der Erkenntnis zunächst verborgen blieb.

Erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts begann ein neuer Aufschwung in der mikroskopischen Forschung. Neue Forschungsergebnisse, wie die Entdeckung der Zellteilung, und eine zunehmende Zahl von Strukturbeschreibungen pflanzlicher Gewebe drängten zur verallgemeinernden Aussage. Besonders klar finden wir eine zusammenfassende und verallgemeinernde Anschauung über den mikroskopischen Aufbau der Pflanze in dem 1830 herausgegebenen Lehrbuch der Botanik von *Meyen*: „Die Pflanzenzellen treten entweder einzeln auf, so daß eine jede ein eigenes Individuum bildet, oder sie sind in

mehr oder weniger großen Massen zu einer höher organisierten Masse Pflanze vereinigt.“

Diese zunächst noch immer auf Pflanzen beschränkte Zellentheorie erlangte aber erst vom Jahre 1838 an allgemeinere Geltung, als Matthias Jakob Schleiden seinen berühmten Aufsatz „Beiträge zur Phytogenesis“ veröffentlichte. In dieser Schrift wird die Zelle nicht als bloßes Bauelement des Pflanzenkörpers betrachtet, sondern als biologische Grundeinheit erkannt. Der Schlüssel zum Verständnis der Lebenserscheinungen liegt in der Erforschung der Zelle, ihrer Leistungen und ihrer Lebensgeschichte.

„Jede Zelle“, so schreibt Schleiden, „führt ein zweifaches Leben: Ein ganz selbständiges, nur ihrer eigenen Entwicklung angehöriges, und ein anderes mittelbares, insofern sie integrierender Teil einer Pflanze geworden. Es ist aber leicht einzusehen, daß sowohl für die Pflanzenphysiologie als auch für die vergleichende Physiologie im allgemeinen der Lebensprozeß der einzelnen Zellen die allererste, ganz unerläßliche Grundlage bilden muß.“

Schleiden betrachtete die Zelle als ein Bläschen, das in einer festen Membran einen flüssigen Inhalt umschließt. Zwar überschätzte auch er noch die Bedeutung der Zellwandung und entwickelte über die Bedeutung des Zellinhaltes keine weiterreichenden Vorstellungen. Er beobachtete aber in der Pflanzenzelle neben dem Zellsaft noch eine weiche, durchscheinende, mit kleinen Körnchen versehene Substanz, welche er Pflanzenschleim nannte. Auch die eigenartige Fließbewegung dieser Substanz, der dann 1846 der Botaniker *Mohl* den Namen Protoplasma gab, war ihm schon bekannt.

Schleiden verhalf der Zellenlehre auf botanischem Gebiet zu allgemeiner Anerkennung. Er beabsichtigte aber im Grunde gar nicht, einen Beitrag zur allgemeinen Theorie der pflanzlichen Gewebe zu liefern, sondern hatte vordringlich ein anderes Anliegen. Er stellte sich in der zitierten Schrift die Aufgabe, die Frage zu lösen, wie die Zelle entsteht.

1831 hatte Robert *Brown* bei seinen Untersuchungen der Orchideen den Zellkern entdeckt und später auch in anderen Pflanzenzellen nachgewiesen. Schleiden überzeugte sich bei vielen Pflanzen von dem Vorkommen des Zellkerns, und da er ihn namentlich in jugendlichen Zellen beständig auftreten sah, entsprang in ihm der Gedanke, daß der Kern eine nähere Beziehung zur Entstehung der Zelle haben müsse. Er meinte, daß sich aus zunächst nichtzellig gebauter lebender Materie oder innerhalb einer anderen Zelle aus körnigen Strukturen ein Kern bildet, der sich durch eine Art von Kristallisationsprozeß mit einem Bläschen umgibt.

War diese Auffassung auch falsch, so erwiesen sich die entwicklungsgeschichtlichen Überlegungen Schleidens aber in einer anderen Richtung als von großem Wert. Er machte klar, daß die verschiedenen Zellarten der Pflanze entwicklungsgeschichtlich etwas Gemeinsames haben und aus gleichförmig gestalteten embryonalen Zellen durch Differenzierung hervorgehen. Die Untersuchungsergebnisse und Überlegungen Schleidens regten dann den deutschen Zoologen Theodor *Schwann* zu seinen fundamentalen Erkenntnissen an, die er im Jahre 1839 unter dem Titel „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur der Tiere und Pflanzen“ veröffentlichte. Er erkannte, daß nicht nur der pflanzliche Körper, sondern auch der tierische aus Zellen aufgebaut ist.

Damit begann in der Biologie eine Entwicklungsphase, die in anderen Naturwissenschaften schon etwas früher eingesetzt hatte. Die Zeit der bloßen Materialsammlung, der Beschreibung und Klassifizierung wurde überwunden. Die zwischen den einzelnen Naturreichen künstlich errichteten Schranken fielen. 1828 hatte *Wöhler* mit der Synthese des Harnstoffs gezeigt, daß organische Stoffe aus unorganischen zu gewinnen sind. Schleiden und *Schwann* wiesen nach, daß das Pflanzen- und Tierreich Gemeinsamkeiten besitzen.

Diese von *Schwann* ausgesprochene und von Schleiden zu einem wesentlichen Teil vorbereitete Erkenntnis zählte Friedrich *Engels* neben der Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalents und der Darwinschen Entwicklungstheorie zu den drei größten Entdeckungen des 19. Jahrhunderts.

„Erst mit dieser Entdeckung erhielt die Untersuchung der organischen lebendigen Naturprodukte — einen festen Boden. Der Entstehung, dem Wachstum und der Struktur der Organismen war das Geheimnis abgestreift; das bisher unbegreifliche Wunder hatte sich aufgelöst in einen nach einem für alle vielzelligen Organismen wesentlichen identischen Gesetz sich vollziehenden Prozeß.“

Matthias Jakob Schleiden gehört zu den eigentümlichsten Forscherpersönlichkeiten. Wechselvoll verlief sein Leben. Die ihm schon in jungen Jahren eigene Unruhe und Unstetheit nahmen im Alter noch zu. Nachdem er zunächst Rechtswissenschaft studiert und den Grad eines Doctor *juris* erworben hatte, ließ er sich in seiner Vaterstadt Hamburg als Advokat nieder. In diesem Beruf hatte er wenig Erfolg. Nach einem in seelischer Depression begangenen Selbstmordversuch wandte er sich dem Studium der Naturwissenschaften zu. Dieses betrieb er zunächst in Berlin, dann in Jena, wo er 1839 Professor wurde. 1862 nahm er seinen Abschied und verzog nach Dresden, folgte aber 1863 einem Ruf nach Dorpat. Wegen Differenzen in kirchlichen Dingen kehrte er schon 1864 nach Dresden als Privatmann zurück. In den folgenden Jahren führte er ein unstetes Wanderleben mit kurzen Aufenthalten in verschiedenen Städten Deutschlands, das bis zu seinem Tode am 23. Juni 1881 in Frankfurt am Main dauerte.

Neben seinen botanisch-wissenschaftlichen Schriften veröffentlichte Schleiden auch eine Reihe belletristischer, populärer und philosophischer Abhandlungen. Er führte eine scharfe Feder, und nur wenige zeitgenössische Botaniker blieben von seiner bisweilen höchst groben Polemik verschont.

Ein Gedicht, das Schleiden einem Freunde widmete, gibt wohl recht anschaulich wieder, welche Grundsätze und welche Einstellungen zum Leben dieser eigenwillige Forscher besaß:

„Im Leben, wie beim Wandern nur vorwärts frisch und  
keck.  
Wer sich zu lang besinnet, kommt nimmerdar vom  
Fleck.  
Schalt's Irrweg der Philister nach hergebrachtem  
Brauch,  
wenn später ja zum Ziele, kommst Du doch vorwärts  
auch;  
und war der Weg gefährlich, beschwerlich, steil und  
heiß,  
so hast Du doch erfahren, was kein Philister weiß.“

In der Reihe der großen Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts nimmt Robert Wilhelm Bunsen einen hervorragenden Platz ein. Als ausgezeichneter Lehrer und genialer Experimentator zählte er bedeutende Chemiker aus aller Welt zu seinen Schülern. Sein Name ist für immer verbunden mit der Entdeckung der Spektralanalyse, die ihm gemeinsam mit seinem Freund, dem Physiker *Kirchhoff*, gelang; eine große Zahl anderer wichtiger Entdeckungen aus allen Bereichen der Chemie verdanken wir ebenfalls seiner unermüdlichen Arbeit.

Bunsen muß als der eigentliche Initiator der physikalisch-chemischen Arbeitsrichtung angesehen werden. Er hatte bald erkannt und es für seine ganze Arbeit zum Grundsatz gemacht, daß nur mit Hilfe eingehender Kenntnisse in Physik und Mathematik ein erfolgreiches Arbeiten garantiert ist und daß die ständige Zusammenarbeit von Chemiker und Physiker unumgänglich wird.

Geboren am 31. Mai 1811 in Göttingen, begann Robert Bunsen 1828 an der dortigen Universität das Chemiestudium bei *Stromeyer*, der durch die Entdeckung des Kadmiums bekannt ist. 1830 promovierte er mit einer Arbeit über Meßgeräte und habilitierte sich nach der Rückkehr von längeren Reisen, auf denen er die führenden Chemiker der damaligen Zeit, vor allem der Pariser Schule kennenlernte, 1834 als Privatdozent an der Universität Göttingen.

Nachdem er nach dem Tod *Stromeyers* 1835 zeitweilig die große Chemievorlesung gehalten hatte, wurde er 1836 Nachfolger *Wöhlers* als Lehrer für Chemie an der Polytechnischen Schule in Kassel. 1839 wurde er außerordentlicher Professor für Chemie an der Universität Marburg und daselbst 1842 Ordinarius für Chemie. 9 Jahre später ging er für ein Jahr nach Breslau und dann endlich 1852 nach Heidelberg als Nachfolger von *Gmelin*, wo er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1889 Ordinarius für Chemie war und hochbetagt am 16. August 1899 starb.

Sein Schüler und vertrauter Freund, der Engländer Henry Enfield *Roscoe*, nannte Bunsen das letzte Glied der Kette, welche die Chemiker des ausgehenden 19. Jahrhunderts mit den großen Männern aus dessen erster Hälfte verband.

Bunsen hatte aber auch das große Glück, den Aufstieg vieler seiner Kollegen mitzuerleben, so seiner Zeitgenossen *Hofmann*, *Kirchhoff*, *Helmholtz*, *Kekulé*, *Lothar Meyer*, und eine junge Generation heranwachsen zu sehen und selbst mit auszubilden, zu der *Victor Meyer*, *Emil Fischer* und nicht zuletzt sein Schüler *Horstmann* und auch *Wilhelm Ostwald* gehörten.

Allen seinen Arbeiten ist gemeinsam, daß sie in erster Linie praktischen Nutzen bringen und wertvolle Beiträge zur Vervollkommnung und Verbesserung wissenschaftlicher Methoden bedeuten. Bereits die ersten Arbeiten Bunsens ließen den außerordentlich begabten Wissenschaftler erkennen. Seine Untersuchungen über die Wirkung des Eisenhydroxyds als Mittel gegen Arsenvergiftungen (1834) erweckten die allgemeine Aufmerksamkeit und wurden bald durch ähnliche Untersuchungen erhärtet. Die in der Veröffentlichung niedergelegten Ergebnisse führten dazu, daß in mehreren deutschen Staaten die Apotheken angewiesen wurden, stets beträchtliche Mengen Eisenoxydhydrat vorrätig zu halten, um es bei Vergiftungen sofort zu verabreichen.

Im Anschluß an diese Untersuchungen wendet sich Bunsen einem ganz anderen Gebiet zu, nämlich der Mineralogie und der chemischen Geologie. Diese Arbeiten, die ihre Krönung finden in der 1846 durchgeführten Expedition nach Island im Auftrag der dänischen Regierung, zeigen uns Bunsen als einen vielseitigen Forscher. Die Reise galt in erster Linie der Erforschung der Geysirerscheinungen, und in den drei Monaten, die sich Bunsen auf Island aufhielt, hatte er eine solche Fülle von Material gesammelt, daß — wie er an *Berzelius* schrieb — alle seine Kräfte für längere Zeit in Anspruch genommen würden.

Die Arbeit schließlich, mit der sich Bunsen seinen festen Platz unter den ersten Chemikern seiner Zeit sicherte, war seine Untersuchung über das Kakodyl, die er in Kassel begann und die ihn noch einige Jahre in Marburg beschäftigte. Die Untersuchungen über das Kakodyl waren für die Klärung grundlegender Fragen der jungen organischen Chemie eine wertvolle Hilfe, erhärteten sie doch die Anschauungen über die sogenannten Radikale, die seit *Liebigs* und *Wöhlers* berühmter Untersuchung als die Grundkörper organischer Verbindungen aufgefaßt wurden. Wenn auch die stürmische Entwicklung der organischen Chemie bald die Haltlosigkeit der Annahme freier Radikale erwies und es erst zu Beginn unseres Jahrhunderts gelang, freie Radikale zu isolieren, so mindert das in keiner Weise die Bedeutung der Arbeit für die weitere Entwicklung der organischen Chemie.

Fast fünf Jahrzehnte widmete sich Bunsen ausschließlich Forschungen aus dem Bereich der angewandten physikalischen und Elektrochemie. Klassische Verfahren zur Gasometrie, Elektrochemie und nicht zuletzt, alles übertreffend, die Entdeckung der Spektralanalyse, die seinen und *Kirchhoffs* Namen in aller Welt bekannt machte, führten im Jahre 1901 zur einstimmigen Annahme des Vorschlags von *Wilhelm Ostwald*, die Gesellschaft für Elektrochemie „Deutsche Bunsengesellschaft“ zu nennen.

Unter den Arbeiten dieser fünf Jahrzehnte sind mehrere, deren Ergebnis und deren Durchführung noch heute Bewunderung erwecken. Die Untersuchungen über die Gase im Hochofen erbrachten nicht nur die Erforschung dieses wirtschaftlich so bedeutenden Gebietes, sondern bildeten den Anlaß, die bis dahin äußerst mangelhaften Mittel zur Trennung und Messung der Gase durch bessere zu ersetzen. Bunsen hat in wenigen Jahren, von 1838 bis 1845, nicht nur die Methoden zur Gasmessung und Gasbestimmung ausgearbeitet, er hat auch mit Erfolg die praktische Anwendung dieser Methoden in der Hüttenindustrie durchgesetzt.

Als „das klassische Vorbild für alle späteren Arbeiten auf dem Gebiet der physikalischen Chemie“ bezeichnete Wilhelm Ostwald die photochemischen Untersuchungen, die Bunsen gemeinsam mit Roscoe durchführte. Ostwald urteilt über diese Arbeiten: „Eine gleiche Summe von chemischer, physikalischer und rechnerischer Geschicklichkeit, von Scharfsinn im Ersinnen der Versuche und von Geduld und Ausdauer in ihrer Durchführung, von eingehendster Sorgfalt an jeder kleinsten Erscheinung aus ausgiebigstem Weitblick, den größten meteorologisch-kosmischen Verhältnissen gegenüber findet sich in keiner anderen wissenschaftlichen Arbeit auf diesem Gebiet wieder.“ Im Rahmen dieser photochemischen Arbeiten wurde unter anderem auch der Wert des vom brennenden Magnesium ausgehenden Lichtes gemessen und damit die Verwendung des Magnesiumlichtes in der Photographie begründet.

Weiter sei darauf hingewiesen, daß Bunsen eine Reihe von Geräten und Apparaturen entwickelt hat, die noch heute gebräuchlich sind. Zu nennen ist hier vorrangig der Bunsenbrenner, ein Gasbrenner für das Laboratorium, bei dem durch Regelung der Sauerstoffzufuhr eine nichtleuchtende Flamme erzeugt werden kann. Für die Messung der Lichtstärke entwickelte Bunsen ein durch seine Einfachheit verblüffendes Gerät, das Bunsensche Fettfleckphotometer.

Eine Arbeit Bunsens wird aber über die Zeiten hinaus im Vordergrund stehen, die Entdeckung der Spektralanalyse. Bei seinen Untersuchungen der nichtleuchtenden Flamme, die er mit den verschiedensten Stoffen zum Leuchten brachte, wobei er die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen durch ein Prisma gehen ließ und das Spektrum betrachtete, stellte er fest, daß die Linie der Natriumflamme die gleiche Wellenlänge aufweist wie die D-Linie des Sonnenspektrums. Es ist das Verdienst seines Kollegen Kirchhoff, diese Erscheinung erklärt zu haben, und nicht zu Unrecht nennt man Kirchhoff die größte Entdeckung Bunsens während seiner Breslauer

Zeit. Auf Vorschlag Bunsens wurde *Kirchhoff* 1854 nach Heidelberg berufen, und in der Zusammenarbeit des theoretisch stark interessierten Physikers *Kirchhoff* und des praktisch veranlagten Chemikers Bunsen wurde die Spektralanalyse geschaffen. 1859 waren die Arbeiten abgeschlossen, und 1860 erschien dann die berühmte Abhandlung „Chemische Analyse durch Spektralanalyse“. Selten hat eine wissenschaftliche Entdeckung einen solchen Nutzen gebracht wie die Spektralanalyse. *Engels* schreibt über die Spektralanalyse in der Dialektik der Natur: „Kants Schrift – gemeint ist die ‚Allgemeine Naturgeschichte oder Theorie des Himmels‘ – blieb ohne unmittelbares Resultat. Fernere Entdeckungen verschafften ihr endlich den Sieg. Die wichtigsten darunter waren der durch die Spektralanalyse geführte Beweis der chemischen Identität der Weltmaterie und des Bestehens solch glühender Nebelmassen, wie Kant sie vorausgesetzt.“ Wie groß das Aufsehen war, welches beide Forscher bei ihren Zeitgenossen erregten, erkennt man am besten aus den Äußerungen ihrer Kollegen. Bereits 1867 schrieb der Bunsenschüler *Roscoe* in seinem „Kurzen Lehrbuch der Chemie“: „Die Vorzüge dieser neuen Methode der chemischen Analyse beruhen nicht nur auf ihrer Einfachheit und der Leichtigkeit, mit der die Gegenwart irgendeines Elementes mit Sicherheit nachgewiesen werden kann, sondern zugleich auch auf der außerordentlichen Empfindlichkeit derselben, und ihre große Wichtigkeit für die Wissenschaft geht daraus hervor, daß sie schon 4 neue Elemente zu der Zahl der früher bekannten hinzugefügt hat.“

Kurze Zeit nach der Entdeckung war es Bunsen gelungen, aus der Mutterlauge der Solewässer zwei neue Elemente spektralanalytisch zu entdecken, nämlich Rubidium und Zäsium. Der Engländer *Crookes* hatte das Thallium, und *Reich* und *Richter* hatten 1863 das Indium entdeckt.

Trotz seiner großen wissenschaftlichen Erfolge und der vielen Ehrungen war Bunsen zeitlebens ein bescheidener

und hilfsbereiter Mensch. In seinen Anschauungen war er stets liberal, aus diesem Grunde lehnte er auch eine Berufung nach Berlin ab, wo er 1864 den Lehrstuhl für Chemie übernehmen sollte. An seinen Freund Roscoe schrieb er darüber: „Man hat mir von Berlin aus in Betreff der Mitscherlichen Professur sehr glänzende Anerbietungen gemacht, ich habe aber abgelehnt, da ich weder unter dem Regiment des Herrn von Bismarck leben mag, noch Lust habe, mit dem in Berlin gänzlich herabgekommenen Studium der Chemie von vorn wieder anzufangen.“

Bis zu seinem Tod blieb Bunsen Heidelberg treu. Ähnlich wie unter *Liebig* das Gießener Laboratorium, war unter Bunsen das Heidelberger Laboratorium das Ziel vieler junger Chemiker aus aller Welt.

Zu den wichtigsten naturwissenschaftlichen Entdeckungen des vorigen Jahrhunderts gehört das Energiegesetz, das die Erhaltung und Umwandlung der Energie zum Inhalt hat. Einer der Entdecker dieses für die Naturwissenschaften so bedeutenden Gesetzes ist der deutsche Arzt Julius Robert Mayer. Er gehört zu den Forschern, die vom allgemeinwissenschaftlichen Standpunkt aus noch heute größte Achtung und Anerkennung verdienen.

Julius Robert Mayer wurde am 25. November 1814 in dem schwäbischen Städtchen Heilbronn geboren. Sein Vater besaß in dieser Stadt eine Apotheke, und so machte er den Sohn schon frühzeitig mit physikalischen und chemischen Experimenten bekannt. In seiner Autobiographie berichtet Mayer, wie er in der Jugend die Konstruktion eines Perpetuum mobile versucht habe. Während des Medizinstudiums an der Universität Tübingen stand er aktiv im politischen Leben. Er war Mitbegründer der bürgerlichen Studentenorganisation „Guestphalia“, die im Sinne der bürgerlichen Freiheit gegen die Reaktion auftrat und mit den Errungenschaften der Französischen Revolution sympathisierte. Noch nach dem offiziellen Verbot der „Guestphalia“ durch die reaktionäre Hochschulleitung führte er mit seinen Freunden den Kampf illegal fort, bis er in Untersuchungshaft genommen wurde. Hier erzwang er sich durch einen sechstägigen Hungerstreik die Umwandlung der Haft in Hausarrest. Da die Universität ihn wegen seiner politisch-fortschrittlichen Tätigkeit vom weiteren Studium ausgeschlossen hatte, ging er an die Universitäten München und Wien. Wenn Mayer in späteren Jahren auch nicht mehr organisiert am politischen Geschehen seiner Zeit teilgenommen hat, so fühlte er sich doch stets mit dem Volke verbunden.

Die Anregung zur Durcharbeitung der Vorstellung über die Erhaltung und Umwandlung der Energie verdankte er einer praktischen Beobachtung. „Um etwas mehr von

der Welt zu sehen“, trat Mayer im Jahre 1840 als Schiffsarzt in holländische Dienste und fuhr nach Java. Bei Aderlässen an erkrankten Matrosen fand er dort das Venenblut so hell, daß er zunächst glaubte, eine Arterie getroffen zu haben. Von den dortigen Ärzten erfuhr er jedoch, daß dies in den Tropen eine allgemeine Erscheinung sei. Als bald fand er als Erklärung dafür die stark verminderte Oxydation der Nahrung, weil die tropische Außentemperatur dem Körper keine erhebliche Verbrennung zur Erhaltung der Eigenwärme auferlegt. Das besagte schon die Verbrennungstheorie von *Lavoisier*, die Mayer während eines kurzen Studienaufenthaltes in Paris kennengelernt hatte. Er ging aber weiter und stellte die Frage, was geschähe, wenn der Körper außer der Wärme noch Arbeit leistete. Diese von ihm im Jahre 1840 aufgeworfene Frage war der Ausgangspunkt für eine jahrelange und mühevollen Arbeit, die ihn schließlich zu der Aufstellung und Deutung des Energiegesetzes führte. Die Vorstellung, daß zwischen Wärme und mechanischer Energie ein Zusammenhang bestehen muß, dem ein Umwandlungsverhältnis zugrunde liegt, ist uns heute so geläufig geworden, daß wir uns kaum noch der revolutionären Bedeutung seiner Gedanken bewußt werden. Mayer selbst hatte aber eine Reihe wissenschaftsfeindlicher Auffassungen zu überwinden.

Seine wissenschaftliche Großtat besteht darin, daß er bei der Herausarbeitung des Energiegesetzes in methodologischer Hinsicht einen Weg beschritt, der die unter den damaligen Fachphysikern vorherrschende Verabsolutierung der empirischen Forschung überwand. Gleichzeitig hat er, wenn auch spontan, den Weg zu einer dialektischen Forschungsmethode der Verbindung von Empirie, Theorie und Philosophie gefunden. Wissenschaftliche Analyse und Synthese, Induktion und Deduktion, Theorie und Praxis werden bei Robert Mayer nicht in metaphysischer Einseitigkeit behandelt. Auf der Grundlage der Erkenntnistheorie des dialektischen Materialismus gibt uns die philosophische Analyse der Entdeckung des

Energiegesetzes durch Mayer ein reichhaltiges, konkretes Material gegen den Positivismus der heutigen bürgerlichen Philosophien. Es wird nämlich für immer eine bemerkenswerte Tatsache bleiben, daß Robert Mayer das Energiegesetz nicht auf dem Wege einer empirisch stückweise aufbauenden physikalischen Forschung entdeckt hat. Nachdem er die vorhandenen Widersprüche zwischen alten Auffassungen (wie z. B. der Wärmestofftheorie) und der experimentellen Praxis klar erkannt hatte, leitete er aus allgemeinen philosophischen Prinzipien die neue Theorie deduktiv ab. Das konkrete, zahlenmäßige Auffinden des mechanischen Wärmeäquivalents, welches mit Notwendigkeit aus der neugewonnenen Theorie folgen mußte, ist die experimentelle Bestätigung für die Richtigkeit und Lebensfähigkeit der Theorie. Der deutsche Physiker Max Planck schrieb einmal darüber: „Mayer hat seiner ganzen Geisteshaltung nach lieber philosophisch generalisiert, als empirisch stückweise aufgebaut.“

Wenn auch in den beiden ersten Arbeiten von Mayer das Maß der mechanischen Energie für die Umwandlung in Wärme nicht richtig dargestellt wurde — er benutzte noch die Bewegungsgröße  $m \cdot v$  statt  $\frac{m \cdot v^2}{2}$  — und deshalb „das in den Boden gelegte Saatkorn noch nicht zur Ernte reif geworden ist“ (wie Mayer später schrieb), so hatte er sich doch bereits einen Gesamtüberblick der Problematik verschaffen können. Die Erkenntnis von der Analogie zum Gesetz von der Erhaltung des Stoffes, die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile, die Unhaltbarkeit der Wärmestofftheorie verband Mayer in genialer Weise mit den philosophischen Erkenntnissen von der Materialität der Welt und des Kausalitätsgesetzes. „Causa aequat effectum. Ex nihilo nihil fit. Nil fit ad nihilum“ (Die Ursache ist der Wirkung gleich. Aus Nichts wird Nichts. Nichts wird zu Nichts), das waren die von Mayer oft wiederholten Argumente, die die Unerschaffbarkeit und Unzerstörbarkeit der Energie zum Ausdruck brachten und in posi-

tiver Formulierung die Erhaltung und Umwandlung der Energie zum Inhalt haben.

Die erste Arbeit aus dem Jahre 1841 mit dem Titel „Über die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte“ sandte er an den Berliner Physiker *Poggendorff*. Sie kam aber nicht zur Veröffentlichung; es sei „die Natur der Abhandlung, die mich zwingt, dieselbe abzulehnen, wie ich es in ähnlichen Fällen schon mehrmals habe tun müssen“, schrieb *Poggendorff* an *Helmholtz*, als er auch dessen Arbeit über das Energiegesetz 1847 nicht veröffentlicht hatte. *Poggendorff*, als extremer Empirist, lehnte es kategorisch ab, den theoretischen Arbeiten die Spalten seiner Zeitschrift zu öffnen. Auch die persönlichen Begegnungen mit den Physikern *Nörrenberg* und *Jolly* führten nicht zu der Unterstützung, die sich Mayer erhofft hatte.

Ohne Zweifel besteht ein großes Verdienst der Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts darin, daß sie die spekulative Naturphilosophie der damaligen idealistischen Schulen ablehnten und auf induktivem Wege nach den gesetzmäßigen Zusammenhängen forschten. Bei der richtigen und schroffen Ablehnung jeglicher Spekulation gerieten sie aber in ein anderes philosophisches Extrem, nämlich in einen flachen Empirismus, der später zu einer subjektiv-idealistischen Richtung ausartete und als Positivismus in der Naturwissenschaft die wissenschaftliche Arbeit erschwerte.

Immer wieder hat Mayer betont, daß er „die Faseleien der Naturphilosophen“ verurteile und sie als „unnütze Spekulationen, womit man die Zeit totschißt“, betrachte. Seine eigene Ansicht ist die: „Wohl müßte es verworfen werden, in die Fehler der antiken Naturforschung oder die Verirrungen einer modernen Naturphilosophie zu geraten, wenn es sich um einen Versuch handeln sollte, a priori eine Welt zu konstruieren; ist es aber gelungen, die zahlreichen Naturerscheinungen unter sich zu verknüpfen und aus ihnen einen obersten Grundsatz abzuleiten, so mag es nicht zum Vorwurf gereichen, wenn man nach

sorgfältiger Prüfung sich eines solchen als Kompaß bedient, um unter sicherer Führung auf dem Meere der Einzelheiten fortzusteuern.“

Immer wieder hob Mayer hervor, wenn man ihm auch nur einen einzigen Satz seiner Theorie widerlegen würde, so könnte er sofort ein Perpetuum mobile konstruieren, dessen Existenz aber allen bekannten Tatsachen widerspräche.

Mit Hilfe Justus von *Liebig's* konnte Mayer seine zweite Arbeit 1842 mit dem Titel „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ veröffentlichen. Im Jahre 1845 erschien dann die Arbeit, die den Energiesatz nicht nur auf die Bewegungsformen der unbelebten Natur anwandte, sondern auch auf die organische Bewegung, unter dem Titel „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel. Ein Beitrag zur Naturkunde“. Eine weitere Veröffentlichung erfolgte 1848, „Beiträge zur Dynamik des Himmels in populärer Darstellung“, und 1851 erschien die Schrift „Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme“.

In der Ausdehnung des Energiesatzes auf die organische Bewegung ist ein weiterer Gewinn der Mayerschen Theorie zu sehen. Die quantitative Erfassung physiologischer Prozesse stand bei Mayer tatsächlich im Vordergrund. Besonders in Physiologie und Medizin wurde in dieser Zeit noch ein heftiger Kampf um die Grundauffassung einer exakten Physiologie geführt, der sich auf weltanschaulicher Grundlage als ein Kampf zwischen Materialismus und Idealismus (in Form des sog. Vitalismus) bemerkbar machte. Zusammen mit seinem ehemaligen Studienfreund Wilhelm *Griesinger* und anderen Medizinern bekämpfte Robert Mayer energisch die mystischen Theorien in der Medizin. „Zieht man freilich vor, im tierischen Organismus Wärme und Bewegung durch Lebensäther, Nervengeister, Muskelkraft usw. zu erklären, dann hört alles auf“, schrieb Mayer einmal an *Griesinger*.

Die Ablehnung irgendwelcher i m m a t e r i e l l e r Faktoren im Organismus rief den verstärkten Kampf der

Vertreter der idealistischen Weltanschauung und insbesondere der Religion hervor. Die öffentlichen Anpöbeleien des Privatdozenten der Tübinger Universität Dr. Seyffer hatten das Ansehen Mayers in Mißkredit gebracht. Seine sachlichen Entgegnungen wurden von der Redaktion der „Augsburger Allgemeinen Zeitung“ unbeachtet gelassen. Besondere Schmach widerfuhr ihm, als er über ein Jahr lang gewaltsam in der staatlichen Irrenanstalt zu Winnenthal festgehalten wurde.

Mayer trat mit seiner Theorie kurz vor der bürgerlichen Revolution in Deutschland auf. Seine neue Theorie rebellierte gegen die dogmatischen Ansichten der Kirche und ging damit weit über den Rahmen der Naturwissenschaften hinaus. Der Energiesatz, der den Beweis für die Unerschaffbarkeit und Unzerstörbarkeit der materiellen Bewegung erbracht hatte, bedeutete nämlich, daß das Wirken eines Gottes in der Natur überflüssig ist. Mayer schrieb selbst dazu: „... ich weiß, daß ich damit die letzten Götter Griechenlands aus der Natur verbannt habe.“ Sogar der Leiter der Irrenanstalt, Dr. Zeller, unternahm unter Mißbrauch seiner ärztlichen Stellung alles, um mit körperlichen Zwangsmaßnahmen Mayer zu bewegen, seine Theorie zu widerrufen. „Wir müssen Ihnen einen anderen Willen schaffen“, wiederholte Mayer in seinen Aufzeichnungen die Worte Dr. Zellers. In der autobiographischen Abhandlung finden wir einen weiteren Beleg: „Unvergeßlich bleibt mir nämlich, wie ein sehr hochgestellter königlich-württembergischer Irrenarzt, Obermedizinalrat und Pfarrgemeinderat mir sein Urteil über meine ‚Organische Bewegung‘ mit Donnerworten verkündete: ‚Sie haben die Quadratur des Kreises gesucht‘.“ Über die erkenntnistheoretische Methodik und die kämpferische Auseinandersetzung mit den spekulativ-idealistischen Auffassungen hinaus haben die Arbeiten Mayers die weitere Bedeutung, daß sie den Mechanizismus der Naturwissenschaften seiner Zeit überwunden hatten. In dieser Hinsicht vertrat Mayer in der Deutung des Energiegesetzes einen anderen Standpunkt als *Helmholtz*. Ent-

gegen *Helmholtz*, der alle anderen Energieformen auf die mechanische Bewegung reduzierte, betrachtete Mayer die Energieveränderungen als Umwandlungen qualitativ unterschiedlicher Formen und wandte sich gegen die Identifizierung von mechanischer Bewegung, Wärme, Elektrizität usw. Das ist auch der Grund, warum F. *Engels* die Arbeiten von Mayer hoch einschätzte und sie selbst bei der Auseinandersetzung mit den mechanizistischen Ansichten von *Helmholtz* benutzte. „Mayer . . . weiß über die Beziehungen zwischen verschiedenen Naturprozessen von seinem neuen Standpunkt aus 1845 weit genialere Dinge zu sagen als *Helmholtz* 1847“, schrieb *Engels* in seinem Werk „Dialektik der Natur“.

Die Anerkennung Robert Mayers als Entdecker des Satzes von der Erhaltung der Energie erfolgte auf Grund der Fortschritte der Naturwissenschaft erst 25 Jahre später, nachdem der englische Physiker *John Tyndall* die Priorität der Mayerschen Arbeit hervorgehoben hatte. Seitdem wurden ihm von den Universitäten zahlreiche Ehrungen zugesprochen.

Aber erst in der marxistischen Philosophie hat sein Werk volles Verständnis und die ihm gebührende Würdigung gefunden. Es verdient die Achtung der werktätigen Menschen und aller fortschrittlichen Naturwissenschaftler.

Als Helmholtz 1891 siebzig Jahre alt war, wurde er als ein unter Naturwissenschaftlern und Medizinern international hoch angesehener Gelehrter und zugleich als der repräsentative Naturwissenschaftler Preußens und des noch jungen deutschen Kaiserreiches von in- und ausländischen Akademien, wissenschaftlichen Vereinigungen, Gelehrten und Regierungen gefeiert.

Sein Aufstieg und seine Erfolge sind mit dem Aufstieg Preußens und Deutschlands in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eng verbunden. Trotz des Scheiterns der Revolution von 1848 entwickelte sich an Rhein und Ruhr die Schwerindustrie und vollzogen sich im raschen Tempo auch in Deutschland die Industrialisierung und die Einführung des Fabriksystems. Zugleich formierte sich das Bündnis der Bourgeoisie mit dem Junkertum und erlangte Preußen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Vorherrschaft in Deutschland.

Dieser wirtschaftliche und politische Aufschwung war von einem allgemeinen Aufschwung der Naturwissenschaften begleitet, die nunmehr auch in Deutschland aufholten und in wenigen Jahrzehnten Frankreich und England eingeholt hatten. Diese Entwicklung vollzog sich vollständig im Rahmen der heute so genannten klassischen Naturwissenschaft, d. h. einer Naturwissenschaft, die alle Erscheinungen auf die von *Newton* formulierten Gesetze der Mechanik zurückzuführen suchte.

Speziell in Deutschland verlangte diese Hinwendung zur mechanistischen Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert die Überwindung der spekulativen Naturphilosophie, wie sie sich unter dem Einfluß von Fichte, Schelling und Hegel in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts ausgebreitet hatte. Sie führte zum Aufkommen des im Grunde genommen damals bereits überholten Vulgärmaterialismus als eines späten Nachzüglers des mechanischen Materialismus.

In einer am Abend seiner Geburtstagsfeier gehaltenen

Tischrede schildert Helmholtz, wie er sich von den idealistischen Vorstellungen seines Vaters, eines Potsdamer Gymnasialoberlehrers und Anhängers Fichtes, gelöst und wie er sich in bezug auf die „Frage nach dem rätselhaften Wesen der Lebenskraft“ zu der „neu sich entwickelnden naturwissenschaftlichen Betrachtung“, d. h. zu einer materialistischen Naturauffassung durchgerungen hat.

Die sogenannte „Lebensseele“ oder „Lebenskraft“ war ein damals allgemein anerkannter Begriff, um den prinzipiellen Unterschied zwischen toter und lebender Materie zu erklären. Er war besonders von der idealistischen Philosophie und der sogenannten romantischen Schule der deutschen Naturwissenschaft im Sinne einer übersinnlichen Erklärung der Naturerscheinungen herangezogen und durchgebildet worden.

Helmholtz wendete sein Nachdenken darüber der Frage zu, ob es ein Perpetuum mobile geben könne oder nicht, und er gelangte auf diese Weise zu seiner ersten großen wissenschaftlichen Entdeckung: der Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie im Jahre 1847.

Diese Entdeckung lag damals sozusagen in der Luft und ist schon vor Helmholtz in noch tieferer und noch umfassenderer Weise von dem deutschen Arzt Robert *Mayer* ausgesprochen worden. Die neuerliche Formulierung des Satzes durch Helmholtz, der die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes in den verschiedenen Bereichen der mechanischen, elektrischen, magnetischen und der Wärmeerscheinungen einerseits auf die Erfahrung und andererseits ausdrücklich auf die allgemeine Gültigkeit der Prinzipien der Mechanik zurückführte, hat sicher wesentlich dazu beigetragen, daß das Gesetz von der Erhaltung der Energie nach anfänglich auftauchenden Bedenken bald allgemeine Anerkennung gefunden hat. Helmholtz selbst hat die Gültigkeit des Energiesatzes bald danach durch meisterhafte Untersuchungen über den Stoffwechsel und die Wärmeentwicklung bei der Muskeltätigkeit einwandfrei nachgewiesen.

Diese besondere Arbeitsrichtung des Physikers Hermann

von Helmholtz ergibt sich daraus, daß Helmholtz gar nicht Physik bzw. Naturwissenschaften studiert hat, sondern, bedingt durch die beschränkten finanziellen Verhältnisse seines Vaters, Medizin. Auf ein Stipendium angewiesen, wurde er Eleve der preußischen militärärztlichen Lehranstalt, des sogenannten Friedrich-Wilhelm-Instituts in Berlin.

Nach Abschluß seiner ärztlichen Ausbildung wendete sich Helmholtz den heute so genannten „theoretischen“ Fächern der Medizin zu. Mit Unterstützung Alexander von Humboldts erwirkte er sein Ausscheiden aus dem militärärztlichen Dienst und trat 1848 in die eigentliche Hochschullehrerlaufbahn ein. Er erhielt zunächst eine Stelle als Lehrer der Anatomie an der Akademie der Künste in Berlin und schon 1849 eine Professur für Physiologie in Königsberg und 1855 in Bonn. 1858 folgte er einer Berufung nach Heidelberg. Helmholtz hat sich während dieser Jahre in seinen Forschungen und Untersuchungen immer mehr physikalischen Problemstellungen zugewendet, so daß es ganz folgerichtig war, als er unmittelbar nach Beendigung des Deutsch-Französischen Krieges 1871 eine ordentliche Professur für Physik an der Berliner Universität antrat. Trotzdem ist er der Medizin immer verbunden geblieben. Er hat sie mehrfach als seine Heimat oder sein Vaterland bezeichnet.

Ein erster Erfolg nach der Ableitung des Energiesatzes war die Untersuchung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung, die wegen ihres unerwartet niedrigen Wertes (ca. 60 m/sec beim Menschen) großes Aufsehen erregte und abermals gegen die Lehre von der Lebenskraft sprach. Allgemein bekannt wurde Helmholtz durch die Erfindung des Augenspiegels im Jahre 1850, der es ermöglicht, die Netzhaut wie überhaupt den Hintergrund des menschlichen (und tierischen) Auges sichtbar zu machen. Man braucht nicht viel Überlegung, um sich darüber klar zu werden, wie segensreich sich diese Erfindung für die Menschheit ausgewirkt hat. Ein Patent

oder Schutzrecht für seine Erfindung hat Helmholtz nie in Anspruch genommen.

Von weittragender Bedeutung sind in der Folgezeit Helmholtz' Forschungen auf dem Gebiete der Sinnesphysiologie, besonders der Tonempfindung und des Sehens geworden. Sie brachten wichtige neue Erkenntnisse, die sowohl die Physiologie wie die Akustik und Optik für immer bereichert haben.

Diese Untersuchungen zur Sinnesphysiologie führten Helmholtz auch zur Untersuchung erkenntnistheoretischer Fragen, denen er für die Naturwissenschaft mit Recht eine wesentliche Bedeutung beimaß. In Anlehnung an die materialistischen Züge der Philosophie *Kants* entwickelte er eine Theorie der Zeichen oder Hieroglyphen, wonach die Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen dem Menschen nur Symbole der Außenwelt übermitteln, sie aber im Bewußtsein nicht abbilden. *Lenin* hat später gezeigt, daß diese vorsichtigen Halbheiten, dieses Stehenbleiben auf halbem Wege zum philosophischen Materialismus dem nach Helmholtz aufkommenden Positivismus als willkommene Ansatzpunkte gedient haben.

Auf dem Gebiet der Physik verdanken wir Helmholtz grundlegende Untersuchungen zur Thermodynamik und zur Wirbelbewegung von Flüssigkeiten, die ihn als einen Physiker und Mathematiker ausweisen, der die analytische Mechanik meisterhaft beherrscht und stets zu den physikalisch wesentlichen Grundzügen der Erscheinungen durchdringt. Es liegt durchaus in der gleichen Richtung, wenn Helmholtz als erster bei der Untersuchung der elektrolytischen Leitung den Begriff der elektrischen Elementarladung entwickelte, der heute unter der Bezeichnung Elektron zu den physikalischen Grundbegriffen gehört.

Als erfolgreicher Gelehrter und anerkannte Autorität hat er bei entsprechenden Anlässen populärwissenschaftliche oder allgemeinbildende Vorträge und Reden gehalten, die später gesammelt herausgegeben worden sind

und eine bedeutende Beachtung und Wirkung erreicht haben. Helmholtz tritt uns in diesen Vorträgen als Repräsentant einer preußisch-reichsdeutschen Intelligenz entgegen, die es verstand, naturwissenschaftliche und humanistische Bildung zu verschmelzen und sie den Bedürfnissen der reif gewordenen bürgerlich-kapitalistischen Gesellschaft anzupassen.

Helmholtz hat sich allerdings nicht in den Strom chauvinistischer und antisemitischer Bewegungen hineinziehen lassen, die nach dem Deutsch-Französischen Krieg auch einen Teil der deutschen Naturwissenschaftler ergriffen hatten. Er nahm Verbindungen zu französischen Ärzten auf und drückte ihnen gegenüber die Hoffnung aus, daß die Zeit die Wunden heilen möge.

Es klingt resigniert und pessimistisch, wenn er am Ende seines Lebens in der schon genannten Tischrede bedauernd äußert: „Die Wissenschaft und die Kunst sind zur Zeit ja das einzig übriggebliebene Friedensband der zivilisierten Nationen.“ Die Worte zeigen, daß der 70jährige Helmholtz die Fragwürdigkeit und Instabilität der Wilhelminischen Ära ahnte und eine hohe Aufgabe der Wissenschaft in der Pflege friedlicher Verbindungen zwischen den Völkern sah.

„Jeder von uns, der für die Wissenschaft arbeitet“, so bekannte er am gleichen Tage, „arbeitet nicht für sein eigenes Wohl; er arbeitet zunächst für das Wohl seines Volkes, er arbeitet für das Wohl der ganzen Menschheit.“

Die Entdeckung der Gleichwertigkeit der vier Valenzen des Kohlenstoffatoms durch den damals knapp dreißigjährigen deutschen Chemiker Carl Schorlemmer war entscheidend für die weitere Entwicklung der organischen Chemie. Mit dieser Entdeckung war nach den Worten seines Zeitgenossen Albert *Ladenburg* „die erste Bedingung geschaffen, um den heute so sehr gebräuchlichen Strukturformeln Vertrauen zu schenken“.

Schorlemmer wurde als erstes Kind eines kleinen Handwerksmeisters am 30. 9. 1834 in Darmstadt geboren. Nach dem Besuch der Volksschule, der Realschule und schließlich der höheren Gewerbeschule in Darmstadt begann er die Lehre als Apotheker in einer kleinen hessischen Landapotheker. Nach zwei Jahren wurde er Apothekengehilfe und ging nach Heidelberg, wo er durch seinen Freund *Dittmar* Gelegenheit bekam, die Vorlesungen von Robert *Bunsen* zu hören. Dittmar, der bereits von der Pharmazie zur Chemie übergewechselt war und damals bei Bunsen arbeitete, ließ auch bei Schorlemmer den Wunsch aufkommen, sich dieser Wissenschaft zu widmen. 1858 wurde Schorlemmer an der Universität Gießen immatrikuliert, hörte die Vorlesungen bei *Will* und *Kopp*, von denen besonders der letztere großen Einfluß auf seine wissenschaftliche Entwicklung haben sollte. Bereits nach einem Semester verließ Schorlemmer die Universität, um — wiederum als Nachfolger seines Freundes — nach England zu gehen, und zwar an das Owens-College in Manchester. An dieser Lehranstalt wurde vorwiegend naturwissenschaftlicher Unterricht erteilt, in dem Maße, wie die aufblühende Industrie vor allem Chemiker brauchte.

Dieser Lehrstätte, die später zu einer Universität ausgebaut wurde, hielt Schorlemmer über dreißig Jahre die Treue; es waren der liberale Geist, der dort herrschte, und die Möglichkeit, selbständig arbeiten zu können, die

Schorlemmer alle Angebote der Industrie ausschlagen ließen.

Hier in Manchester lernte Schorlemmer anfangs der sechziger Jahre Friedrich *Engels* im Kreise deutscher Kaufleute und Chemiker kennen. Beide verband bald eine herzliche Freundschaft, gegründet auf der Gleichheit in den politischen und weltanschaulichen Ansichten. Auch Karl *Marx* wurde in diese Freundschaft einbezogen. Schorlemmer, der nach *Engels'* Worten damals bereits vollständiger Kommunist war und nur noch die ökonomischen Grundlagen einer längst gefaßten Auffassung zu erlernen brauchte, wurde im Verlauf der Freundschaft mit den Begründern des wissenschaftlichen Sozialismus zu einem zuverlässigen Genossen der Partei des Proletariats. Bis zu seinem Tode war er aktives Mitglied der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands und unterstützte seine Freunde vor allem mit seinen hervorragenden naturwissenschaftlichen Kenntnissen. Er selbst nahm regen Anteil an den Arbeiten von *Marx* und *Engels*, er las das „Kapital“ bereits in den Korrekturbögen und hat vor allem in Fragen, die die Chemie berührten, Karl *Marx* wertvolle Hilfe leisten können.

Entscheidend war seine Mitarbeit in der Periode, in der *Marx* und *Engels* darangingen, die kommunistische Weltanschauung nach der naturwissenschaftlichen Seite hin auszubauen. Schorlemmer, der sich unermüdlich für die Partei einsetzte, mußte während des Sozialistengesetzes am eigenen Leibe die Schikanen der deutschen Polizei erleben, als er bei einem Besuch in seiner Heimat der illegalen Einfuhr politischer Schriften beschuldigt wurde. Als Schorlemmer 1892 — noch nicht sechzigjährig — starb, war nicht nur ein hervorragender Chemiker, sondern vor allem der erste konsequent marxistische Wissenschaftler in offizieller Lehrtätigkeit gestorben, der voll und ganz der Sache von *Marx* und *Engels* ergeben war und in der Zeit des beginnenden Revisionismus treu zur Partei stand.

Schorlemmers wissenschaftliche Leistungen sind deshalb so hoch einzuschätzen, weil er ohne abgeschlossenes Studium sich zu einer solchen angesehenen Wissenschaftlerpersönlichkeit emporgearbeitet hatte. Vom einfachen Assistenten war er innerhalb von fünfzehn Jahren zu einem weit über die Grenzen seiner eigentlichen und seiner gewählten Heimat geachteten Lehrer und Forscher geworden. Für ihn wurde in England der erste Lehrstuhl für organische Chemie überhaupt geschaffen. Das war ein bedeutendes Ereignis in einer Zeit, die noch keine Spezialisierung innerhalb der Chemie in organische und anorganische kannte.

Schorlemmer war aber nicht nur ein ausgezeichnete Experimentator auf seinem eigentlichen Arbeitsgebiet, der Chemie der Kohlenwasserstoffe, er war gleichermaßen bedeutend als Lehrer, als Autor umfassender Lehrbücher und als Historiker seines Faches.

Nach seiner Ernennung zum Professor im Jahre 1874 widmete sich Schorlemmer mehr und mehr literarischen Arbeiten. Er übersetzte das „Kurze Lehrbuch der Chemie“ seines Freundes *Roscoe* ins Deutsche und verfaßte mit *Roscoe* ein großes Lehrbuch der Chemie, das lange Zeit zu den Standardwerken der Chemie gehörte und von dem Schorlemmer den organischen Teil ganz allein geschrieben hatte.

Während seines Studiums in Gießen wurde Schorlemmer von seinem Lehrer Hermann *Kopp* mit der Geschichte der Chemie vertraut gemacht, dem Gebiet, auf dem er vor allem in seinen letzten Jahren so Hervorragendes leistete. Neben seinem Buch „Ursprung und Entwicklung der organischen Chemie“, von dem außer zwei englischen Ausgaben eine deutsche und eine französische Übersetzung zu Schorlemmers Lebzeiten erschienen und das 1937 in der Sowjetunion nochmals in russischer Sprache herausgegeben wurde, hatte Schorlemmer ein umfangreiches Manuskript zur Geschichte der Chemie von den Anfängen bis zu seiner Zeit begonnen, das aber leider unvollendet blieb.

Schorlemmer begann seine historischen Studien zu der Zeit, als er bereits fest mit der marxistischen Weltanschauung vertraut war; deshalb war auch sein Werk „Ursprung und Entwicklung der organischen Chemie“ das erste wissenschaftliche Werk, in dem die Geschichte der Chemie und einer Wissenschaft überhaupt im engen Zusammenhang mit den ökonomischen und gesellschaftlichen Problemen behandelt wurde. Dem organischen Teil des großen Lehrbuches stellte Schorlemmer ebenfalls eine umfangreiche historische Einleitung voran, so daß in diesem Werk der Studierende erstmalig auch durch viele geschichtliche Hinweise die Entwicklung der organischen Chemie erlebte und die Bedeutung der einzelnen Entdeckungen im Zusammenhang sehen konnte.

Entscheidend für die Entwicklung der modernen organischen Chemie sind aber Schorlemmers praktische Arbeiten und seine theoretischen Schlußfolgerungen.

Die organische Chemie hatte seit der Entdeckung der Synthese des Harnstoffes durch *Wöhler* im Jahre 1828 einen stürmischen Aufschwung genommen. Täglich wuchs die Zahl der bekannten organischen Verbindungen. Über den Aufbau dieser Verbindungen gab es in den knapp dreißig Jahren viele Theorien. Zur Zeit, als Schorlemmer seine wissenschaftliche Tätigkeit begann, hatte die von *Kekulé* vor allem vertretene Typentheorie alle anderen Theorien verdrängt. Mehr und mehr setzte sich die atomistische Auffassung durch, aber noch immer standen die verschiedensten Theorien der weiteren Entwicklung hemmend im Wege. Bei seinen Untersuchungen der Steinkohlenteerdestillate untersuchte Schorlemmer eine ganze Reihe einfacher Kohlenwasserstoffe, die er aus dem Destillat isolieren konnte. Dabei stieß er auch auf eine Verbindung, die damals sowohl als Äthylwasserstoff ( $C_2H_5-H$ ) als auch als Dimethyl ( $CH_3-CH_3$ ) bezeichnet wurde. Durch Untersuchung der chemischen und physikalischen Eigenschaften dieser Stoffe kam Schorlemmer zu dem Schluß, daß diese beiden Verbindungen keines-

falls verschieden, sondern miteinander identisch und als Äthan ( $C_2H_6$ ) zu bezeichnen seien.

In einem Zeitraum von mehr als zehn Jahren hat Schorlemmer dann sämtliche einfachen Kohlenwasserstoffe untersucht und ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften ermittelt. Die große Bedeutung der Schorlemmerschen Arbeiten wurde von seinen Zeitgenossen sofort erkannt. Lothar Meyer, einer der bedeutendsten Chemiker dieser Zeit, schrieb über diese Arbeiten, daß nun die Annahme der Verschiedenheit der Affinitäten des Kohlenstoffatoms überflüssig wären. Das war ja gerade das Wesentliche an Schorlemmers Arbeiten, daß er endgültig die Gleichheit der vier Valenzen des C-Atoms bewiesen hatte, damit den Strukturformeln den Weg gebnet hat und eine genaue Kenntnis der Struktur organischer Verbindungen ermöglichte.

In seinen Arbeiten untersuchte Schorlemmer auch die Beziehungen zwischen der Struktur und den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe. Er bezog später in seine Forschungen auch die große Gruppe der ungesättigten Kohlenwasserstoffe ein, der Olefine und Azetylene.

Mit diesen Arbeiten wurde Schorlemmer bald in der wissenschaftlichen Welt bekannt. 1868 wurde er auswärtiges Mitglied der Deutschen Chemischen Gesellschaft und 1872 in die Royal Society aufgenommen. Er war Mitglied der Leopoldina, amerikanischer wissenschaftlicher Gesellschaften und Ehrendoktor der Universität Glasgow.

Seine unermüdliche Arbeit, die Tätigkeit in zum Teil recht primitiven Laboratorien mit gefährlichen Substanzen und das nächtelange Arbeiten an dem Manuskript der Geschichte der Chemie hatten Schorlemmers Gesundheit bald untergraben. Am 27. Juni 1892 erlag er einer Geschwulst in der Lunge, nachdem er schon Jahre vorher durch ein Ohrenleiden fast taub geworden war und in den letzten Wochen vor seinem Tode oft tagelang bewußtlos gelegen hatte.

Obwohl Schorlemmer viel zum Ansehen der englischen

Chemie in der Welt beigetragen hatte, trotz seiner Naturalisierung in England sich sein Leben lang als Deutscher fühlte und auch in der deutschen Chemie einen bedeutenden Platz einnimmt, hat ihm die Mitwelt schlecht gedankt. Es dauerte lange, bis die Gründung eines Schorlemmer-Laboratoriums erfolgen konnte, eine kleine Danksagung an den hervorragenden Wissenschaftler und Menschen.

Heute hat das wissenschaftliche Werk Schorlemmers ganz besonderes Gewicht. Schorlemmer hat nämlich mit seinen Arbeiten über die Teerdestillate und gleichzeitig mit seinen Untersuchungen der Kohlenwasserstoffe im Erdöl den Grundstock zu der heute so wichtigen Petrolchemie gelegt. Seine Untersuchungen, die einen praktischen Auftrag zum Vorwurf hatten, nämlich für die Industrie Analysen der Kohlenwasserstoffgemische durchzuführen, führten zu grundlegenden Entdeckungen und wurden Voraussetzungen für die moderne organische Chemie. Schorlemmer verkörperte die Einheit von Theorie und Praxis in der wissenschaftlichen Arbeit und vor allem den Forschertyp, der heute in der sozialistischen Gesellschaft heranwächst, der nicht abseits vom gesellschaftlichen Geschehen nur seiner Wissenschaft lebt, sondern der teilnimmt an der Gestaltung eines besseren Lebens, in dem auch die Wissenschaften voll und ganz dem Wohle der Menschheit dienstbar gemacht werden.

Die historische Bedeutung Haeckels ist nicht allein durch fachzoologische Leistungen bedingt, sondern beruht auf einem Lebenswerk, das sein charakteristisches Gepräge durch den Darwinismus erhielt und sich weit über den wissenschaftlichen Bereich hinaus auswirkte. Die entscheidenden Impulse für dieses vielseitige Schaffen entsprangen den Auseinandersetzungen des angehenden Naturforschers mit der Wissenschaft seiner Zeit und den gesellschaftlichen Verhältnissen, unter denen er lebte.

Ernst Haeckel wurde am 16. 2. 1834 in Potsdam geboren und wuchs in Merseburg auf, wo der Vater seit 1835 als Oberregierungsrat für Kirchen- und Schulsachen tätig war. Die Grundlage der Erziehung im Elternhaus bildete die christliche Weltanschauung, die beide Eltern aber nicht dogmatisch auffaßten. Durch den Vater, dem reaktionäres Wesen verhaßt war, wurde der Knabe frühzeitig für philosophische, geschichtliche und politische Fragen interessiert, die Mutter wies ihn immer wieder auf den Wert nützlicher Arbeit hin. Die Mußstunden der Gymnasialzeit verbrachte der Schüler mit Zeichnen und Malen oder auf botanischen Exkursionen.

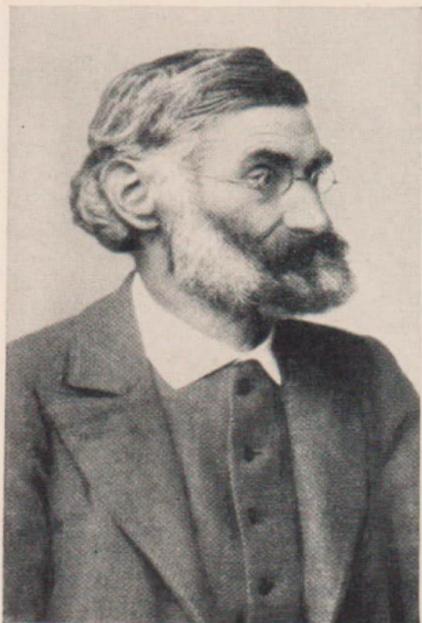
Stolz auf das umfangreiche eigene Herbarium, angeregt durch das Buch des Botanikers *Schleiden*, „Die Pflanze und ihr Leben“ (1848), und begeistert von den Reisebeschreibungen eines *Humboldt*, *Darwin* und *Schomburgk*, wollte er nach dem Abitur (1852) in Jena unter *Schleiden* Botanik studieren, um später einmal Forschungsreisender zu werden. Auf Wunsch der Eltern, die dem Sohn eine gesicherte Existenz wünschten, wurde Haeckel jedoch Mediziner, obwohl er wenig Neigung zum Arztberuf verspürte. Während des Studiums in Berlin und Würzburg zeigte sich aber, daß es für ihn gar keine bessere und gründlichere Schule geben konnte.

Die Medizin stand damals mitten im revolutionären Prozeß der Überwindung des spekulativen Denkens der romantischen Epoche durch den Einfluß der Naturwissen-

schaften. Das Streben nach gesicherten Grundlagen förderte vergleichend-anatomische, physiologische, mikroskopische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen, die Haeckel immer stärker anzogen. So wurde er in Würzburg begeisterter Schüler der ausgezeichneten Anatomen *Kölliker*, *Leydig* und *Virchow*, in Berlin beeinflusste ihn besonders der große Physiologe und Biologe *Johannes Müller*. Bleibende Eindrücke hinterließ eine Ferienfahrt nach Helgoland (1854), auf der Haeckel von *Müller* lernte, wie man mit dem feinen GazeNetz winzige Kleinlebewesen fängt und mit Hilfe des Mikroskops beobachtet. Diese Studien fesselten den jungen Studenten so, daß er beschloß, sich später unter *Müllers* Leitung ganz der vergleichenden Anatomie und Zoologie zu widmen. Nachdem er in Berlin 1857 mit einer Arbeit über die Gewebe des Flußkrebsses die medizinische Doktorprüfung, ein Jahr danach das Staatsexamen bestanden hatte, wurde dieser Plan durch *Müllers* plötzlichen Tod im April 1858 zwar vereitelt, aber gleichzeitig boten sich neue Möglichkeiten. Der Jenaer Anatom *Carl Gegenbaur* schlug Haeckel vor, seine Naturforscherlaufbahn in Jena zu beginnen, wo zu dieser Zeit günstige Aussichten bestanden. Zuvor sollte eine Reise nach Italien zum Studium der niederen Seetierwelt des Mittelmeeres unternommen werden.

Diese Fahrt trat Haeckel im Januar 1859 an. Sie brachte anfangs manche Enttäuschung, im Winter 1859/60 schließlich aber große Erfolge. Haeckel fand im Hafenbecken von Messina zahlreiche Radiolarien, mikroskopisch kleine Einzeller, die zierliche Skelette ausbilden. Mit diesen Strahlentierchen hatte sich bereits *Johannes Müller* beschäftigt und rund 50 Arten beschrieben, Haeckel entdeckte 144 bis dahin unbekannte Arten.

Nach der Rückkehr nahm er im Sommer 1860 ein großes Werk über die Radiolarien in Angriff. Gleichzeitig fielen wichtige Entscheidungen. Von Jena aus drängte ihn *Gegenbaur*, sich hier bald zu habilitieren, in Berlin lockte das Angebot der Anatomieprofessur an der Kunstaka-



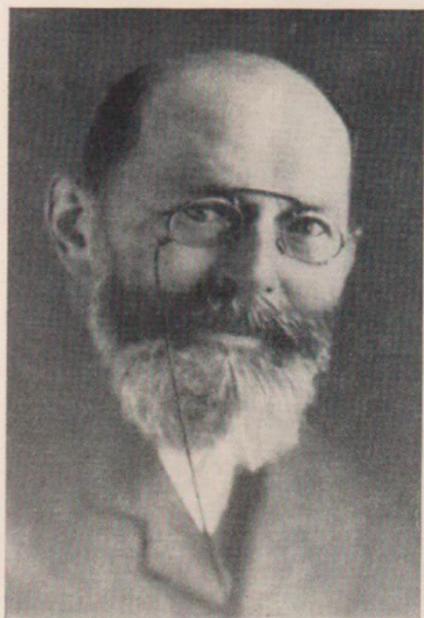
*Ernst Abbe 1840—1905*



*Wilhelm Ostwald 1853—1932*

*Emil Herm. Fischer 1852—1919*

*Walther Nernst 1864—1941*



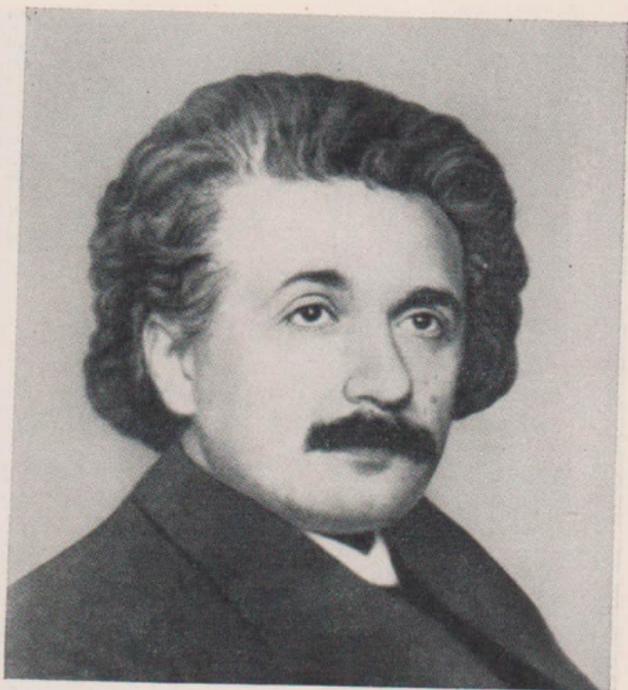


*Heinrich Hertz*  
1857—1894

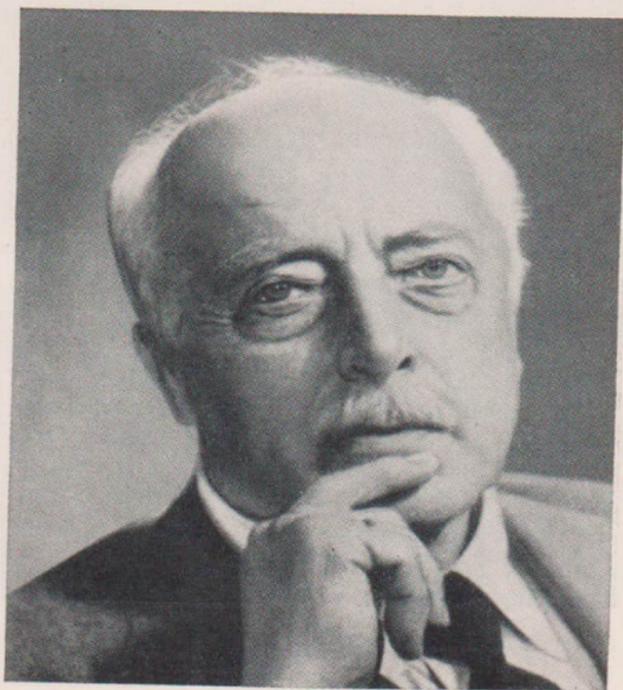


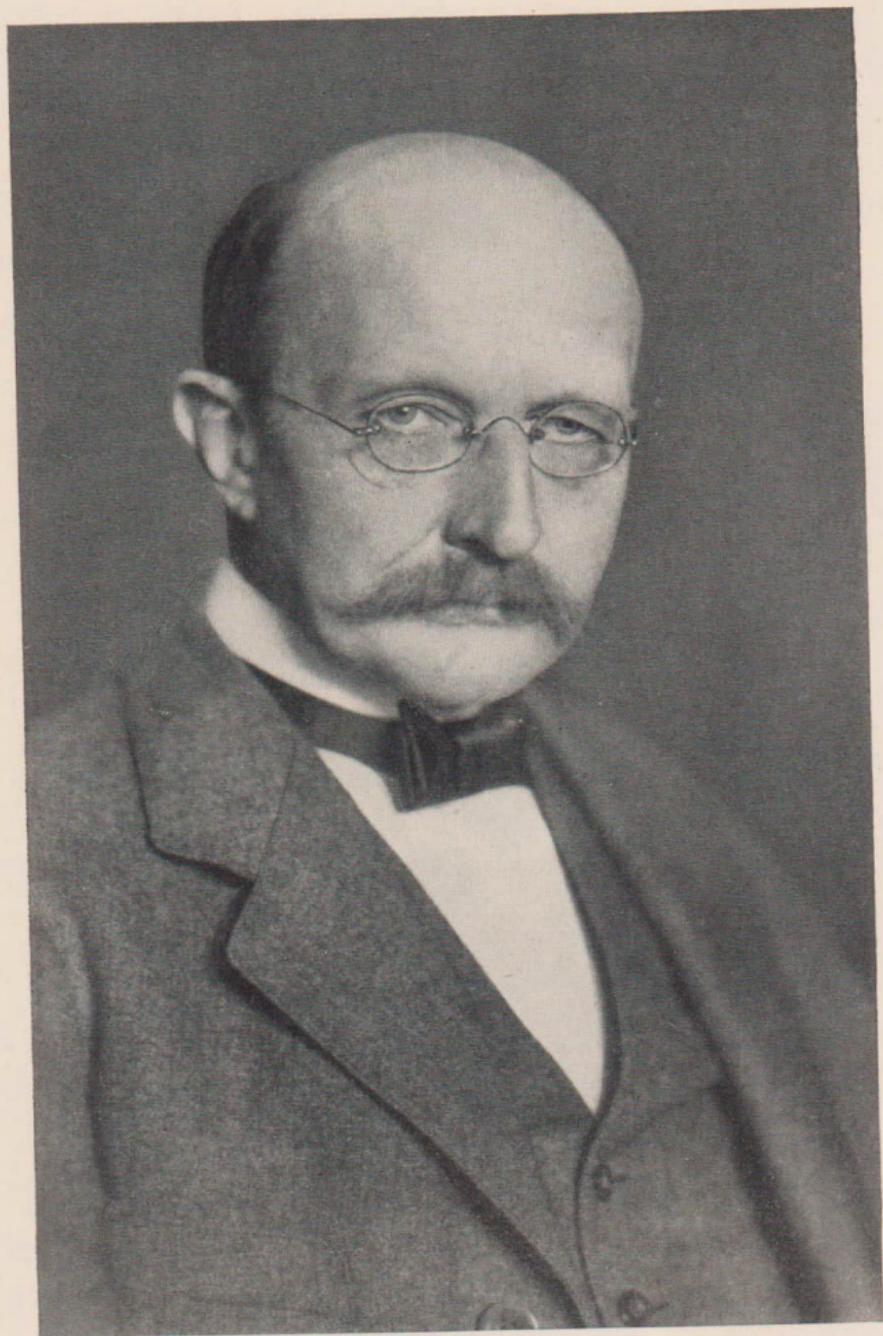
*Wilhelm Conrad  
Röntgen*  
1845—1923

*Albert Einstein*  
1879—1955



*Max von Laue*  
1879—1960





*Max Planck 1858—1947*

demie. Haeckel entschied sich für Jena. Im März 1861 wurde er Privatdozent für vergleichende Anatomie, 1862 erwirkte ihm die medizinische Fakultät auf Grund seiner großen Radiolarienmonographie eine außerordentliche Professur, 1865 erhielt er in der philosophischen Fakultät den ersten Jenenser Lehrstuhl für Zoologie und gründete gleichzeitig ein Zoologisches Institut.

Als Haeckel nach Jena kam, hatte er bereits voller Begeisterung das Buch *Darwins* über den Ursprung der Arten gelesen. Im Radiolarienwerk findet sich sein erstes Bekenntnis zur Entwicklungslehre, und in einem Vortrag auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte hatte er auf die große Bedeutung der *Darwinschen* Theorie hingewiesen. Damals war die Lehre von der natürlichen Entwicklung der gegenwärtig lebenden Organismen aus einfacheren Formen noch heftig umstritten, wobei die Anhänger *Darwins* unter den Fachgelehrten die neue Theorie nicht nur gegen zahlreiche Kollegen, sondern auch gegen scharfe Angriffe der Theologen und vieler Philosophen verteidigen mußten. In diesem Kampf um den Entwicklungsgedanken hat Haeckel als Forscher, als akademischer Lehrer und als glänzender Popularisator eine hervorragende Rolle gespielt. Er sah in der *Darwinschen* Theorie nicht nur die Möglichkeit einer Reform der gesamten Biologie, sondern strebte darüber hinaus eine Reform der allgemeinen Weltanschauung an. Ein solches umfassendes Programm kam erstmalig 1866 in seiner zweibändigen „Generellen Morphologie“ zum Ausdruck.

In diesem Werk wird die *Morphologie* (Gestaltenlehre) neu gegliedert in *Anatomie* (Wissenschaft von der vollendeten Form) und *Morphogenie* (Wissenschaft von der Bildung der Gestalt). Im Sinne der Entwicklungslehre wird die *Morphogenie* gegliedert in *Ontogenie* (Keimesgeschichte, Individualentwicklung) und *Phylogenie* (Stammesgeschichte). Gleichzeitig weist Haeckel darauf hin, daß sich in der Keimesgeschichte die Stammesgeschichte widerspiegelt, Beziehungen, die von ihm später

als „Biogenetisches Grundgesetz“ bezeichnet werden. Weiterhin wird in der „Generellen Morphologie“ eine Hypothese über die Entstehung der ersten Uroorganismen aus anorganischer Materie aufgestellt und der Mensch ausdrücklich in das Entwicklungsgeschehen einbezogen. Für eine hypothetische Übergangsform zwischen affenähnlichen Vorfahren des Menschen und dem Menschen prägt er den Ausdruck „Pithecanthropus“ (Affenmensch).

Zwei Jahre später (1868) machte Haeckel diese Gedankengänge in einem allgemeinverständlich geschriebenen Buche bekannt, das unter dem Titel „Natürliche Schöpfungsgeschichte“ großes Aufsehen erregte. Seitdem ist er immer wieder in Vorträgen und Abhandlungen für die Entwicklungslehre eingetreten. Von ihnen sei hier nur noch die „Anthropogenie“ (1874) erwähnt, in der er auf Grund der damaligen Kenntnisse ein Bild von der Keimes- und Stammesgeschichte des Menschen zu geben suchte.

Als Fachzoologe hat Haeckel eine Reihe grundlegender Monographien über Radiolarien, Medusen (Quallen), Siphonophoren (Röhrenquallen) und Kalkschwämme veröffentlicht und dabei rund 4000 neue Arten beschrieben. Auf vielen Reisen ans Mittelmeer, zu den Kanarischen Inseln, nach Norwegen, Nordafrika und Rußland sowie auf zwei großen Tropenfahrten nach Ceylon (1881/82) und Insulinde (1900/01) sammelte er nicht nur Material für seine Studien, sondern malte auch zahlreiche Landschaftsaquarelle und verfaßte fesselnde Reiseschilderungen.

Das letzte Ziel seiner Arbeit als Forscher sah Haeckel in der Erkenntnis größerer ursächlicher Zusammenhänge. Aus diesem Bestreben heraus entwickelte er neben dem „Biogenetischen Grundgesetz“ im Anschluß an seine Untersuchungen über die Kalkschwämme (1872) die sogenannte „Gastraea-Theorie“. Sie gründet sich auf die Feststellung, daß bei der Embryonalentwicklung mehrzelliger Tiere Stadien auftreten, die von Haeckel als Morula (Maulbeerkeim), Blastula (Blasenkeim) und Ga-

strula (Becherkeim) bezeichnet wurden. Im zweischichtigen Gastrula-Stadium sah er ein Abbild der Urform aller Vielzeller, der „Gastraea“. Inzwischen zeigen neuere Untersuchungen, daß sowohl das „Biogenetische Grundgesetz“ als auch die „Gastraea-Theorie“ sich in der ursprünglichen Auffassung nicht halten lassen; beide Theorien haben aber der Forschung wertvolle Anregungen gegeben und die Lösung der Probleme gefördert.

Als akademischer Lehrer hat Haeckel es verstanden, zahlreiche Studenten für die Zoologie und für den Darwinismus zu begeistern. Seine Darwin-Vorlesungen wurden von Hörern aller Fakultäten besucht. Von seinen Schülern sind einige später selbst berühmte Gelehrte geworden. Dazu gehören Anton *Dohrn*, der Gründer der bekannten Zoologischen Station in Neapel, der russische Forschungsreisende Nikolaus N. v. *Miklucho-Maclay*, die hervorragenden Zoologen Richard und Oscar *Hertwig*, Arnold *Lang*, Willy *Kükenthal* und der Geologe und Paläontologe Johannes *Walther*.

Gegen Ende des Jahrhunderts hatte Haeckel seine wissenschaftlichen Arbeiten im wesentlichen abgeschlossen und sah seine Aufgabe nunmehr im Ausbau einer monistischen Weltanschauung, die er den kirchlichen Dogmen entgegenstellte. Für ihn sind „Stoff und Kraft“ ewig und unveränderlich, nur ihre Formen sind ständigen und unendlichen Veränderungen unterworfen, die sich nach Naturgesetzen vollziehen. „Monismus“ bedeutet bei Haeckel, daß Materie und Energie untrennbar miteinander verbunden sind. Der Begriff „Gott“ fällt für ihn in pantheistischer Auffassung mit dem Begriff „Natur“ zusammen. Der Glaube an einen persönlichen Gott wird strikt abgelehnt.

Es ist verständlich, daß diese Gedankengänge auf heftigen Widerspruch der Theologen und zahlreicher Philosophen stießen, denen Haeckel immer wieder entgegentrat. Einen Höhepunkt seiner Tätigkeit bildet in dieser Hinsicht das Buch „Die Welträtsel“, das ab 1899 in vielen Auflagen erschien und das ungeachtet seiner Schwächen

im Denken vieler Menschen eine Bresche zugunsten einer materialistisch fundierten Weltanschauung schlug. Um den Entwicklungsgedanken in anschaulicher Form zu popularisieren, gründete Haeckel mit Hilfe privater Stiftungen 1908 in Jena ein „Phyletisches Museum“, das von seinem Nachfolger eingerichtet wurde. Schließlich übereignete er der Universität 1918 seinen Nachlaß und sein Wohnhaus, in dem sich heute ein Haeckel-Museum und das Institut für Geschichte der Biologie befinden. Bis zum letzten Augenblick unermüdlich tätig, ist Ernst Haeckel am 9. August 1919 gestorben. Die Fehler und Übereilungen, die er beging, und die zum großen Teil zeitgebundene Begrenztheit mancher seiner Ansichten können die Bedeutung seines Schaffens nicht mindern. Haeckel gab nicht nur der Wissenschaft vorwärtstreibende Impulse, sondern verstand es auch, vielen einfachen Menschen ihre Ergebnisse zu vermitteln. Als Gelehrter und Lehrer hat er entscheidend dazu beigetragen, dem Darwinismus und damit dem Fortschritt freie Bahn zu schaffen.

Einer der hervorragendsten Wissenschaftler und Bahnbrecher auf dem Gebiet der Optik war Ernst Abbe. Er hat viele neue Gesetze der Strahlenoptik erkannt, und unter seiner Leitung hat die optische Industrie in Jena jene führende Stellung in der Welt erlangt, die mit dem Namen Carl-Zeiss-Werke verbunden ist.

Die Kindheit und Schulzeit Ernst Abbes, der am 23. Januar 1840 als einziger Sohn des Webers Georg Adam Abbe in Eisenach geboren wurde, war stark geprägt von den gesellschaftlichen Verhältnissen jener Zeit.

Der Vater war ein frei denkender und fühlender Mensch, der seine ganze Kraft für das Wohl seiner Familie einsetzte. In einem Vortrag, den er im Alter von 61 Jahren in Jena hielt, gab der Sohn einen kleinen Einblick in die damaligen Arbeitsverhältnisse, denen auch sein Vater unterworfen war: „... er“ (der Vater) „hat bis Anfang der fünfziger Jahre jeden Tag... 14, 15, 16 Stunden bei der Arbeit stehen müssen: 14 Stunden bei normalem Geschäftsgang, 16 Stunden bei gutem Geschäftsgang ohne jede Unterbrechung, ohne Mittagspause. — Ich selbst habe als Junge zwischen 5 und 9 Jahren jeden Tag abwechselnd mit meiner um ein Jahr jüngeren Schwester, wenn das Wetter nicht gar zu schlecht war und die Mutter den sehr weiten Weg dann selber machte, meinem Vater das Mittagbrot gebracht. Und ich bin dabei gestanden, wie mein Vater sein Mittagbrot, an eine Maschine gelehnt oder auf eine Kiste gekauert, aus dem Henkeltopf mit aller Hast verzehrte, um nur den Topf geleert zurückzugeben und sofort wieder an die Arbeit zu gehen.“

Diese Worte allerdings sprach der Unternehmer Abbe, der im selben Jahre 1901 auf dem XII. Mechanikertag in Dresden anhand der Erfahrungen in seinem Betriebe begründete, daß „die Verkürzung der Arbeitszeit... vor allen Dingen auch den Unternehmern zugute kommt“.

Zweifellos hat Abbe in seinen jungen Jahren selbst in

nächster Umgebung die Not und das Elend der damaligen Zeit kennengelernt. Einen besonderen Eindruck hinterließ es bei ihm, als einmal – durch die plötzliche Schließung einer kleinen Fabrik – in Eisenach eine größere Anzahl von Arbeiterfamilien arbeitslos wurde und in Not verfiel, ohne daß jemand sich verpflichtet gefühlt hätte, helfend einzuschreiten. Damals auch mag in Abbe der Keim gelegt worden sein für jene „sozialen“ Maßnahmen, die er später als Unternehmer in Angriff nahm. Diese Maßnahmen brachten aber kapitalistische Bestrebungen zum Ausdruck, darauf berechnet, die Ausbeutung der Arbeiter in den Carl-Zeiss-Werken zu verschleiern und die Arbeiter vom Klassenkampf abzuhalten.

Unter Aufopferung aller Kräfte und durch größte Sparsamkeit im Haushalt machten es die Eltern von Ernst Abbe möglich, daß ihr Sohn das Gymnasium und anschließend auch die Universität in Jena besuchen konnte. Die außerordentliche Begabung und der große Fleiß des Jungen ließen ihn schon beim Studium der Naturwissenschaften in Jena in den Jahren 1857 bis 1859 schnell sein gestecktes Ziel erreichen. In dieser Zeit lernte er zwei für sein weiteres Leben wichtige Persönlichkeiten kennen, seinen späteren Schwiegervater, Professor *Snell*, und Professor *Schäfer*, seinen späteren Freund. Diese Männer machten ihn schon während seiner Studienzeit mit der Optik vertraut.

Damals existierte in Jena mit seinen 6000 bis 7000 Einwohnern die feinmechanische Werkstatt eines gewissen Carl Zeiss. Mit diesem Mann wurde Abbe näher bekannt. Er ging auch zuweilen in die Fabrik, um sich in der Praxis umzusehen und, wenn möglich, sich auch selbst zu betätigen, mit dem Ergebnis, daß er bereits 1859 ein kleines Taschen-Trichinenmikroskop mit etwa 50- bis 60facher Vergrößerung konstruiert hat. Dieser einfache Apparat war der erste in einer langen Reihe von Neuschöpfungen auf dem Gebiet der instrumentellen Optik. Im selben Jahr, 1859, siedelte Abbe nach Göttingen über,

um sein Wissen zu vertiefen. In Göttingen promovierte er 1861 und übernahm anschließend eine Assistentenstelle an der dortigen Sternwarte. Nach einer vorübergehenden Tätigkeit als Physiker im Physikalischen Verein zu Frankfurt/Main siedelte er dann – auf Einladung von Professor *Snell* – erneut nach Jena über. Hier reichte er seine Habilitationsschrift ein, und bereits im Sommer 1863 hielt Abbe seine ersten Vorlesungen. 30 Jahre lang wirkte er dann als Dozent in Jena.

Nach der Heirat mit der Tochter seines ehemaligen Lehrers, Professor *Snell*, trat Ernst Abbe erneut mit Carl *Zeiss* in Verbindung. Er ließ dort optische Instrumente bauen und übernahm wissenschaftliche Arbeiten für *Zeiss*. Es begann die Blütezeit seiner wissenschaftlichen Laufbahn.

Nachdem Abbe die theoretischen Grundlagen der optischen Instrumentenkunde geschaffen hatte, ging er daran, vor allem die Mikroskope zu vervollkommen. Die Herstellung optischer Instrumente gründete sich damals vor allem auf Erfahrungswerte. Die Mikroskope – auch die besten – waren Produkte hundertfältigen Probierens, des „Pröbelns“ – wie es damals in der Fachsprache hieß. Die für die Objektive und Okulare benötigten Linsen wurden geschliffen, und danach begutachtete man die von ihnen gelieferten Bilder. Zeigten die Abbildungen Mängel, so schliff man die Linsen weiter ab oder fertigte neue an, und so sammelten sich allmählich Erfahrungswerte an, die, in Form von Regeln festgelegt, bei weiteren Produktionen berücksichtigt werden konnten. Aber es war ein mühseliges Verfahren mit bescheidenen Ergebnissen. Hier konnte nur eines helfen: Es mußte von den Grundgesetzen der Optik ausgegangen werden. Der Gang der Lichtstrahlen durch die Linsen und Zwischenräume hindurch mußte bis in alle Einzelheiten hinein wissenschaftlich berechnet und erforscht werden.

Schon Joseph *Fraunhofer* und Hermann von *Helmholtz* hatten erkannt, daß der kleinste Abstand  $g$  zweier

Punkte, die man bei stärkster Vergrößerung im Mikroskop noch getrennt sehen kann, von der Beugung des Lichtes abhängt. Ernst Abbe begründete ausführlich diese Gesetzmäßigkeit. Sie läßt sich in der Formel ausdrücken:

$g = \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha}$ . Dabei ist  $\lambda$  die Wellenlänge des benutzten Lichtes,  $\alpha$  der halbe Öffnungswinkel des Lichtkegels der Strahlen, die von einem Punkt des Gegenstandes in das Objektiv gelangen, und „ $n$ “ die Brechungszahl des Stoffes, der den Raum zwischen Gegenstand und Objektiv ausfüllt. Mit der Größe  $n \cdot \sin \alpha$  – sie heißt die numerische Apertur des Objektivs – beschäftigte sich Ernst Abbe ganz besonders.

Befindet sich zwischen Gegenstand und Objektiv des Mikroskops nicht Luft, sondern ein anderer Stoff mit größerer Brechungszahl, so wird dadurch die numerische Apertur vergrößert, also der noch auflösbare Abstand zweier Punkte verkleinert, d. h., das Mikroskop besitzt ein größeres Auflösungsvermögen. Nach Abbe wurde als sogenannte Immersionsflüssigkeit Zedernöl benutzt, dessen Brechungszahl gleich der des Glases ist, das für die Mikroskopobjekte in Anwendung kommt. Dadurch konnte das Mikroskop Strukturen auflösen, die von der Größenordnung der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes sind.

Bei der Herstellung hochwertiger Mikroskop-Objektive traten aber auch Schwierigkeiten auf; es fehlte an geeigneten Glasschmelzen, die bestimmte optische Eigenschaften wie Brechung, Zerstreung oder Homogenität aufweisen. Und diese Eigenschaften waren unbedingt nötig. Abbe bemühte sich im In- und Ausland nach guten und brauchbaren optischen Gläsern, doch ohne Erfolg.

Da kam ihm ein junger Chemiker, Dr. Otto Schott aus Witten in Westfalen, Sohn eines Spiegelglasfabrikanten, zu Hilfe. Schott wandte sich damals an Abbe, um seine neuen Lithium-Gläser prüfen zu lassen, und Abbe erzählte Schott von seinen Absichten. Mit Eifer gingen

beide Wissenschaftler – die bald gute Freunde wurden – daran, in Jena ein glastechnisches Laboratorium unter dem Namen „Schott und Genossen, Jena“ auszubauen, um selbst geeignete Schmelzen für die optischen Instrumente herzustellen. Durch den Einfluß Abbes auf das Arbeitsgebiet dieses Laboratoriums nahmen die neuen Gläser für optische Zwecke einen hochbedeutenden Anteil an der Gesamtfabrikation von optischen Instrumenten ein.

Die großen Aufgaben machten die Hinzuziehung weiterer Arbeitskräfte notwendig. Es wurden ein Stab von Wissenschaftlern und ein Stamm von hochqualifizierten Facharbeitern geschaffen. Viele neue Geräte entstanden. Eine neue Ära auf dem Gebiet der Optik brach an. Die hergestellten Schmelzen neuer optischer Geräte fanden nicht nur in der Mikroskopie, sondern auch in den übrigen Zweigen der praktischen Optik Anwendung. Es entstanden die ersten photographischen Objektive, „Protare“ oder „Astigmat“ genannt. Es folgten der prismatische Feldstecher – für die damaligen Verhältnisse eine Sensation –, weiterhin das Relieffernrohr, mehrere Arten von Entfernungsmessern und eine ganze Reihe anderer optischer Meß- und Beobachtungsinstrumente, nicht zuletzt astronomische Fernrohre.

Diese gesamte Entwicklung vollzog sich in der knappen Zeit von einem Vierteljahrhundert. Sie wäre nicht möglich gewesen ohne die Leistung der Arbeiter. Das erkannte auch ein so weitsichtiger und kühl berechnender Vertreter der Bourgeoisie wie Abbe, der er inzwischen geworden war. Nach dem Tode von Carl Zeiss und nach dem Ausscheiden des Sohnes Dr. Roderich Zeiss war er als alleiniger Leiter der Zeiss-Werkstätten bestrebt, die Monopolstellung dieses Betriebes weiter auszubauen, durch Konzessionen an die Arbeiter die Illusion der „Klassenharmonie und Sozialpartnerschaft“ zu erzeugen und der damaligen sozialistischen Bewegung den Wind aus den Segeln zu nehmen. Besonders die von Abbe ins Leben gerufene Carl-Zeiss-Stiftung war ein wohlüber-

legter Versuch, durch soziale Zugeständnisse den Klassenkampf im Carl-Zeiss-Werk zu ersticken.

So stellt die Entwicklung Abbes ein typisches Beispiel für die Verzerrung wissenschaftlichen Strebens durch die gesellschaftlichen Bedingungen dar. In kapitalistischen Vorstellungen und Verhältnissen befangen, konnte er weder noch wollte er die Ausbeutungsverhältnisse beseitigen. Der Wissenschaftler Ernst Abbe wurde im Laufe der Jahre zum Großkapitalisten. Unter seiner Leitung entstand ein großes optisches Präzisionswerk mit einer Belegschaft von tüchtigen Facharbeitern, Technikern, Ingenieuren und Wissenschaftlern, durch deren Fleiß, Können und Erfindungsgabe optisch-mechanische Instrumente und Apparate geschaffen wurden, die Welt Ruf erlangten.

Mit zunehmendem Alter verschlimmerte sich die bereits in seinen jungen Jahren auftretende Nervenkrankheit. Sie konnte trotz ärztlicher Behandlung und sorgfältigster Pflege nicht gelindert werden. Am 14. Januar 1905, kurz vor seinem 65. Geburtstag, verstarb Ernst Abbe.

Als Schöpfer der wissenschaftlichen Grundlagen der optischen Instrumentenkunde ist sein Name auch noch heute eng mit den Carl-Zeiss-Werken verbunden, die nach 1945 dank einer zuvor nie dagewesenen Einsatz- und Opferbereitschaft ihrer Arbeiter und technischen Intelligenz in Jena wiederaufgebaut werden konnten. Diese Zusammenarbeit war es, die in wenigen Jahren und unter tatkräftiger Mithilfe sowjetischer Freunde die Folgen des zweiten Weltkrieges überwinden half und einen sozialistischen Betrieb schuf, in dem nunmehr jeder einzelne die Geschicke seines Betriebes mitbestimmen und -lenken kann.

Wenn heute die Zeiss-Geräte aus Jena in mehr als hundert Länder exportiert werden und dort geschätzt und geachtet sind, so ist das nicht zuletzt eine stille Ehrung für den Wissenschaftler Ernst Abbe.

Einer der ersten deutschen Wissenschaftler, dem der Nobelpreis verliehen wurde, war der Ordinarius für Chemie an der Berliner Universität Emil Fischer.

Fast drei Jahrzehnte, von 1892 bis 1919, wirkte Fischer an dieser Hochschule; er war Mitglied der Akademie der Wissenschaften, und gemeinsam mit so bedeutenden Gelehrten wie Max *Planck*, Albert *Einstein*, Walther *Nernst* repräsentiert er die Blütezeit der Naturwissenschaften in Berlin.

Emil Fischer wurde 1892 als Nachfolger von A. W. v. *Hofmann* nach Berlin berufen. Der damals vierzigjährige Hochschullehrer hatte zwei Jahre zuvor in Berlin mit seinem Vortrag über die Synthese von Kohlenhydraten einen nachhaltigen Eindruck hinterlassen, so daß wohl schon damals der Gedanke aufkam, im Falle einer Nachfolge für *Hofmann* an Fischer zu denken.

Emil Fischer — am 9. Oktober 1852 als Sohn eines nieder-rheinischen Unternehmers geboren — wuchs in typisch kapitalistischen Verhältnissen auf. Zeit seines Lebens zeichnete er sich durch Unternehmungsgeist und Organisationstalent aus und ließ in allen seinen Plänen erkennen, daß er sehr wohl um die Bedeutung der wissenschaftlichen Forschung für den wirtschaftlichen Fortschritt wußte; gerade in Berlin hatte er die Sympathien der chemischen Industrie auf seiner Seite, die in Fischer den Typ des Forschers sah, der ihren Interessen voll entsprach.

1871 begann Fischer in Bonn bei *Kekulé* das Chemiestudium, ging aber schon 1872 nach Straßburg zu Adolf *Baeyer*, einem der jungen führenden deutschen Chemiker auf dem Gebiet der Farbstoffe. 1874 promovierte Fischer in Straßburg mit einer Arbeit über organische Farbstoffe, ein Jahr darauf wurde er bekannt mit seiner Entdeckung des Phenylhydrazins und dann 1876 mit einer Arbeit über das Rosanilin.

In den folgenden Jahren sehen wir Fischer an verschie-

denen deutschen Universitäten, so in München, nochmals in Straßburg und dann wieder in München. 1879 ist er Nachfolger *Volhards* in Erlangen, und 1885 ergeht an den gerade Dreiunddreißigjährigen der Ruf als Ordinarius nach Würzburg. Hier begann Fischer die Arbeiten, die ihn bald zu einem der führenden deutschen Chemiker werden ließen, die Arbeiten über die Synthesen der Kohlenhydrate.

Als dann 1890 bekannt wurde, daß es Fischer außer der Darstellung weiterer Körper aus dieser Gruppe auch gelungen war, den Traubenzucker synthetisch darzustellen, und er vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft in Berlin über seine Arbeiten berichtete, hatte er sich — noch nicht vierzig Jahre alt — Achtung und Anerkennung seiner Fachkollegen erworben.

In unmittelbarer Nähe des Laboratoriums, in dem mehr als 100 Jahre zuvor *Andreas Siegismund Marggraf* die Gewinnung von Zucker aus heimischen Rohstoffen, nämlich der Rübe, erforschte, setzte Fischer nun seine Arbeiten zur Chemie der Zucker fort. Nachdem in Würzburg die Synthesen gefunden worden waren, folgte in Berlin die Erforschung der Abbaumethoden, die rückwärts den Übergang von den höheren zu den niederen Gliedern ermöglichten.

Fischer, der immer darum bemüht war, einem reibungslos funktionierenden Institutsbetrieb vorzustehen, und der sich an seinen vorhergehenden Wirkungsstätten vor allem für große, in jeder Hinsicht den modernen Anforderungen an die Hygiene entsprechende Institute eingesetzt hatte, konnte mit den Berliner Institutsverhältnissen kaum zufrieden sein. Aber obwohl das preußische Ministerium Fischer den Neubau eines Instituts nach seinen Plänen versprochen hatte, dachten die verantwortlichen Stellen gar nicht daran, dieses Versprechen einzulösen. Es zeugt von dem großen Einfluß der jungen chemischen Industrie, die neben der Schwerindustrie und der Elektroindustrie inzwischen zu einer weiteren Mächtigkeitsgruppe in Deutschland geworden war, daß schließ-

lich 1897 mit dem Neubau begonnen wurde, nachdem die Vertreter des „Vereins zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie“ darauf hingewiesen hatten, daß „gerade die Technik an der Schaffung erstklassiger wissenschaftlicher Forschungs- und Lehrstätten das größte Interesse nehme...“. 1900 wurde in der Hessischen Straße dann das neue chemische Institut in Benutzung genommen. Jetzt war nicht nur Raum für die Aufnahme einer anorganischen Abteilung, jetzt konnten auch neue Forschungsgebiete wie Radiochemie, Biochemie u. a. bearbeitet werden.

Unter Fischers Mitarbeitern befanden sich so hervorragende Wissenschaftler wie Otto *Hahn*, der auf dem neuen Gebiet der Radiochemie arbeitete, Otto *Diels*, *Helferich*, *Abderhalden* als Organiker und die Anorganiker *Ruff*, *Stock* und Franz *Fischer*. Man muß sagen, daß unter Fischer die Chemie an der Berliner Universität ihre Blütezeit erlebte. Er setzte sich dafür ein, daß der Holländer van't *Hoff* an die Berliner Akademie berufen wurde und als ordentlicher Honorar-Professor zum Lehrkörper der Universität gehörte.

Der Erforschung der Kohlenhydrate hat Fischer in Berlin ein weiteres Gebiet der Chemie der Naturstoffe angeschlossen: die Synthese der Eiweißstoffe. In seinem Nobelvortrag 1902 hatte er auf die Bedeutung dieses Forschungsgebietes hingewiesen: „Trotzdem wird das chemische Rätsel des Lebens nicht gelöst werden, bevor nicht die organische Chemie ein anderes noch schwierigeres Gebiet, die Eiweißstoffe, in gleicher Art wie die Kohlenhydrate bewältigt hat. Es ist darum begreiflich, daß ihm sich das Interesse der organischen und der physiologischen Chemiker in immer steigendem Maße zuwendet, und auch ich selbst bin seit einigen Jahren damit beschäftigt...“

Bis zum Ende seines Lebens hat Fischer sich mit diesem Problem befaßt. Unter Verwendung der damals bekannten 19 Aminosäuren hat er annähernd 100 Polypeptide von verschiedener Molekulargröße und Kettenlänge syn-

thetisch dargestellt. Er hat deren chemisches Verhalten erforscht, die Ähnlichkeit ihres Verhaltens den Fermenten gegenüber festgestellt und kühne Schlußfolgerungen aus seinen Erkenntnissen gezogen.

Emil Fischer war mit Leib und Seele Forscher, und so nimmt es nicht wunder, daß er, je stärker die Belastungen durch den akademischen Unterricht und die akademischen Ämter wurden, gleich den führenden Großindustriellen des damaligen Deutschlands nach der Schaffung einer Forschungsstätte drängte, in der — frei von pädagogischen und Verwaltungsfunktionen — der Wissenschaftler nur seiner Forschungsarbeit leben kann.

Gemeinsam mit Wilhelm *Ostwald* und Walther *Nernst* begrüßte er deshalb den Plan der chemischen Industrie, eine Chemische Reichsanstalt zu gründen, die ähnlich der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt aufgebaut sein sollte. Dieser Plan scheiterte allerdings an der Bereitstellung der Mittel, da die beginnende Aufrüstung und die Vorbereitung auf imperialistische Kriegsabenteuer gewaltige Summen verschlangen. Das Bestreben der führenden Monopole, sich die wissenschaftliche Forschungsarbeit nutzbar zu machen, fand in anderer Form seinen Niederschlag. Es kam zur Gründung der sogenannten „Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V.“, in der die Konzernvertreter in zunehmendem Maße direkt und mit Hilfe des imperialistischen Staates ihre Profit- und Rüstungsinteressen durchsetzten.

Fischer hatte die Bedeutung der planmäßigen Forschung für die Entwicklung der Industrie frühzeitig erkannt, er hatte aber nicht die Entwicklung der Monopole in ihrer ganzen Gefährlichkeit gesehen, und so war auch seine Einstellung zu dem 1914 ausgebrochenen Weltkrieg voll und ganz getragen von „vaterländischer Begeisterung“. Mit 92 anderen Wissenschaftlern unterschrieb er 1914 die Zustimmungsadresse an den deutschen Militarismus. Fischer, der mit wichtigen Funktionen in der deutschen Kriegswirtschaft betraut war, bekam dann allerdings

frühzeitig einen Einblick in die hoffnungslose Lage, in der sich das deutsche Volk auf Grund der imperialistischen Kriegspolitik der herrschenden Kreise befand. Sein Pessimismus wurde bald zu einer ausgesprochenen Abneigung, ja Feindschaft gegen den deutschen Militarismus. Nachdem er kurz hintereinander zwei Söhne verloren hatte, schrieb er an eine Freundin: „Es ist in der Tat furchtbar, mehrere Söhne in so kurzer Zeit verlieren zu müssen als Opfer des wahnsinnigen Krieges, der Deutschland und ganz Europa in Trauer und Not bringt. Die Folge ist bei mir, wie bei den Millionen anderer Väter und Mütter, eine furchtbare Verbitterung gegen die verrückten Verhältnisse und Personen, die dieses große Unglück verschuldet haben . . .“

In pazifistischen Kreisen wurde diese Wandlung Fischers mit Beachtung aufgenommen, zumal er sich auch noch gegen die bestehende monarchistische Staatsform ausgesprochen hatte und sich zur demokratischen Weltanschauung bekannte. Zur Revolution fand er keine Beziehungen. Im Sozialismus sah er – mit der sozialistischen Weltanschauung in keiner Weise vertraut – für sich und seinesgleichen den Verlust jeglichen Privateigentums.

Trotz dieser aus der bürgerlichen Sicht erwachsenen Einstellung bleibt Fischer für uns einer der bedeutenden deutschen Wissenschaftler, der als einer der ersten sich offen von dem militaristisch-monarchistischen System abwandte und sich nach dem Kriege bemühte, seine Fachkollegen davon zu überzeugen, daß das Manifest von 1914, das er ja selbst mit unterschrieben hatte, eine Fehlentscheidung war und widerrufen werden sollte.

In den modernen Naturwissenschaften, vor allem aber in der Entwicklung der naturwissenschaftlichen Lehre und Forschung an der Berliner Universität nimmt Emil Fischer einen hervorragenden Platz ein. Als er am 15. Juli 1919 starb, verloren Deutschland und die Welt einen bedeutenden Wissenschaftler.

Wilhelm Ostwald gehört in die erste Reihe der Naturforscher, deren Leistungen um die Jahrhundertwende der wissenschaftlichen Forschung in Deutschland zu weittragenden Ergebnissen und zu hohem Ansehen in der Welt verhalfen. Er war bereits in jungen Jahren erfolgreich, wurde mit 28 Jahren 1871 Professor für Chemie, und wenig später war sein Name weltbekannt.

Wenn Ostwalds Name noch heute für jeden Chemiker ein Begriff ist, so vor allem als der des Mitbegründers einer neuen Wissenschaft, der physikalischen Chemie, und zwar in einem solchen Maße, daß diese in den 80er Jahren innerhalb kurzer Zeit gleichwertig neben die anorganische und organische Chemie trat. Zwar wurde schon vorher, z. B. von *Boyle*, *Faraday* und *Bunsen*, physikalisch-chemisch gearbeitet, aber erst auf Grund der umwälzenden Gedanken des holländischen Chemikers van't *Hoff* über die osmotische Theorie der Lösungen und der Hypothese von den freien Ionen des schwedischen Forschers *Arrhenius* war die Bahn zur Entstehung einer umfassenden wissenschaftlichen Disziplin gewiesen.

Nachdem die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von *Arrhenius* begründet worden war, machte sich Ostwald unmittelbar daran, durch neue Versuche diese Theorie zu verbreitern und sie gegen die anfängliche kühle Ablehnung der Chemiker durchzusetzen. Dabei finden sich in den Arbeiten Ostwalds eigene bedeutende Entdeckungen, wie das nach ihm benannte Verdünnungsgesetz von Säuren oder die ebenfalls nach ihm genannte Stufenregel, die besagt, daß eine Reaktion bei Anwesenheit mehrerer gleich reaktionsfähiger Atome nicht plötzlich und nicht evolutionär, sondern stufenweise verläuft.

Diese Arbeiten über chemische Kinetik brachten Ostwald auf das Gebiet der Katalyse. Er führte hier in erstaunlicher Weise eine theoretische Klärung des Wesens und des Begriffs der Katalyse herbei, die zum Höhepunkt

seines Schaffens auf chemischem Gebiet wurde. Er definierte die Katalyse als die Beschleunigung eines langsam verlaufenden Vorgangs durch die Gegenwart eines fremden Stoffes, der sich dabei selbst nicht verändert. Um die Bedeutung dieser Einsicht zu ermessen, die heute zum Pensum eines Schülers der Oberstufe gehört, muß man wissen, daß seit der Entdeckung dieser Erscheinung 1817 durch *Davy* und ihrer Namensgebung 1836 durch *Berzelius* Jahrzehnte hindurch die Chemiker – darunter *Wöhler* und *Liebig* – im Meinungsstreit darüber lagen, was eigentlich der wesentliche Inhalt des oberflächlich bekannten Prozesses sei. Die Klarstellung dieses so verworrenen Begriffs durch Ostwald, dessen Bedeutung besonders durch die Anwendung der Katalyse im großtechnischen Verfahren immer offensichtlicher wurde, fand schließlich 1909 ihre entsprechende Anerkennung durch die Verleihung des Nobelpreises für Chemie an Ostwald.

So weittragend diese Leistung Ostwalds auch war und obwohl sie genügt hätte, sein Wirken in der Chemie unvergessen zu machen, so liegen seine größten Verdienste doch zweifellos in der organisierenden, systematisierenden und publizistischen Tätigkeit für die physikalische Chemie. Ostwald ging immer von dem Gedanken aus, daß wissenschaftliche Entdeckungen wenig nützen, wenn sie nicht bekanntgemacht und zielstrebig zur Entwicklung der Forschung, der Technik und der Ausbildung des Nachwuchses eingesetzt werden. Von diesem Gedanken geleitet, entfaltete er eine ganz außerordentliche Energie und ordnende Wirksamkeit, die sich u. a. darin äußerte, daß das von ihm geschaffene Physikalisch-Chemische Institut in Leipzig zum ersten Institut dieser Disziplin und zum Mittelpunkt der physikalischen Chemie in der Welt wurde. Fast alle physikalischen Chemiker der folgenden Jahrzehnte sind durch das Leipziger Institut gegangen oder mit ihm verbunden gewesen. Diese großen Erfolge bei der Ausbildung des Nachwuchses konnte Ostwald erreichen, weil er sich ständig selbst

um alle Arbeiten kümmerte, freigebig Anregungen gab, den Austausch organisierte und vor allem Wert darauf legte, daß alle Ergebnisse der Arbeit seines Instituts ins Wissen aller Mitarbeiter eingingen.

Der Abrundung und Entwicklung der physikalischen Chemie dienten auch seine Bücher, so vor allem sein großes „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“, aus dem Generationen von Chemikern die physikalische Chemie lernten, und seine „Elektrochemie“, die Ostwald selbst für eines der besten seiner vielen Bücher hielt. Die 1887 zusammen mit van't Hoff gegründete „Zeitschrift für physikalische Chemie“ faßte die geistige Produktion des gesamten Gebietes zusammen und hatte einen richtungweisenden Einfluß.

Als Wissenschaftsorganisator gründete Ostwald 1894 eine Gesellschaft für physikalische Chemie, deren Präsident er selbst jahrelang gewesen ist.

Ostwald, der als Geburtshelfer einer neuen Fachdisziplin sich fast durchweg im wissenschaftlichen Neuland und in den Grenzgebieten verschiedener naturwissenschaftlicher Zweige bewegte, spürte sehr schnell, daß der Übergang von der einzelwissenschaftlichen zur philosophischen Fragestellung einen natürlichen, notwendigen Schritt darstellt. Mit seiner ganzen Autorität, die er sich als Naturwissenschaftler erworben hatte, betonte er, daß der „... Naturforscher beim Betrieb seiner Wissenschaft unwiderstehlich auf die gleichen Fragen geführt wird, welche der Philosoph bearbeitet“. Hierin, d. h. im vielfältigen Bemühen, die Unterschätzung philosophischer Fragen durch die Naturwissenschaftler zu überwinden, sehen wir vor allem einen progressiven Beitrag Ostwalds, der den Bedürfnissen der Naturwissenschaften seiner und unserer Zeit voll entspricht.

Ostwalds Philosophie, die er unter der Bezeichnung „Energetismus“ 1901 in einer Vorlesungsreihe entwickelte und anschließend veröffentlichte, war allerdings vom Gesichtspunkt der wissenschaftlich-materialistischen Grundhaltung aus gesehen wissenschaftlich fragwürdig.

Die marxistische Kritik an der Ostwaldschen Philosophie hat *Lenin* bereits 1908 in seinem Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“ gegeben. Prinzipiell, aber zugleich die historischen Hintergründe beachtend, machte *Lenin* deutlich, daß der Energetismus den konfusen Versuch der Versöhnung von Materialismus und Idealismus darstellt. Er charakterisierte Ostwald, „der hier und da in den Idealismus hineinstolpert“, als einen „sehr großen Chemiker und verworrenen Philosophen“.

Als Materialist übt *Lenin* an Ostwald Kritik, weil er die materialistische Auffassung der Energie, die er zuläßt und manchmal selbst zugrunde legt, nicht konsequent durchführt. Die Energetik als Ausdruck der Wachstumsschwierigkeiten der modernen Physik betrachtet *Lenin* als eine Wachstumserscheinung, die überwunden wird, indem sich die materialistischen Traditionen durchsetzen, die aus der naturwissenschaftlichen Forschung heraus zum dialektischen Materialismus durchbrechen werden.

So ist Ostwalds Philosophie heute historisch überlebt. Ein anderes Gebiet, dem sich Ostwald während einiger Jahre seines Lebens widmete, ist die Farbenlehre.

Während die physikalische Farbenlehre die verschiedenen Lichtarten (Farben) durch ihre Schwingungsfrequenz kennzeichnet, entwickelte Ostwald, von praktisch-empirischen, vorzugsweise physiologischen Gesetzen der Farbenempfindung ausgehend, ein Farbenschema. Für ihn sind Weiß, Schwarz und bunte Vollfarbe die Grundbestandteile aller Farben. Ordnet man sie derart, daß einer weiß-grau-schwarzen Linie ein Punkt gegenübergestellt wird, der die Vollfarbe bezeichnet, und verbindet man diesen mit sämtlichen Punkten der Ausgangslinie, erhält man ein farbtongleiches Dreieck. Jede bunte Farbe besitzt ein solches Dreieck. Werden nun alle diese Dreiecke so angeordnet, daß die unbunten Seiten zusammenfallen, während ihre bunten Spitzen auf dem Farbkreis liegen, so entsteht ein Doppelkegel, der von Ostwald auch als Farbkörper bezeichnet wurde.

Sicher ist die Farbenlehre in der weiteren Entwicklung

hinsichtlich ihrer Methoden und auch ihrer Ergebnisse über Ostwald hinausgegangen, aber es ist unbestritten, daß er auch auf diesem Gebiet Maßgebliches geleistet hat.

Ostwalds öffentliches Wirken war außerordentlich vielseitig. Er war Förderer und Mitarbeiter verschiedener Reformbewegungen. So unterstützte er die bürgerlich-pazifistische Friedensbewegung Berta von Suttners, weil er den Krieg als Überrest aus der barbarischen Zeit betrachtete. Er verwarf den Antisemitismus als „häßliche Erscheinung“ und trat für eine Schulreform im Sinne der Ausdehnung des naturwissenschaftlichen und der Beseitigung des Religionsunterrichts ein. Er bemühte sich um die Zusammenfassung der wissenschaftlichen Arbeit auf internationaler Ebene, ein Beginnen, das noch 1915 Maxim Gorki in einem Brief an die schwedische Zeitung „Svenska Dagbladet“ anerkennend hervorhebt.

Eine besondere Stellung nimmt in diesem Rahmen die Übernahme des Vorsitzes in dem von Ernst *Haeckel* gegründeten „Monistenbund“ von Ende 1910 bis 1915 ein. Ostwald war wie *Haeckel* als Naturwissenschaftler ein kämpferischer Atheist. Im „Monistenbund“, dessen tragende Kräfte bürgerliche Linksliberale waren, glaubte er einen Ort zur wirksamen Bekämpfung kirchlicher Machtansprüche gefunden zu haben. Uns sind eine Vielzahl atheistischer Reden und Schriften Ostwalds erhalten geblieben, unter denen die über 138 sogenannten „Monistischen Sonntagspredigten“ die bekanntesten sind.

Diese atheistische Aufklärung trug Ostwald den Haß des Klerus und dessen politischer Hintermänner ein und brachte ihn andererseits der Arbeiterbewegung näher. Die von ihm aktiv unterstützte Kirchaustrittsbewegung, die 1913 einen Höhepunkt erreichte, hatte als Ziel, die klerikale und politische Reaktion wirksam durch Massenaustritte aus der Kirche zu bekämpfen, und war damit eine durchaus politische Bewegung. In dieser Massenbewegung herrschten die proletarischen Kräfte vor, eine Tatsache, die Ostwald durchaus erkannte und posi-

tiv bewertete, weil er überhaupt in der organisierten Arbeiterklasse eine einflußreiche Schicht des Volkes sah, die der gesellschaftlichen Entwicklung unseres Jahrhunderts den Stempel aufdrückt.

Ostwald war zeit seines Lebens kein Marxist, aber durch die Kirchengaustrittsbewegung kam er mit Marxisten unmittelbar in Berührung. So hat Ostwald hierbei mit Karl *Liebknecht* zusammengewirkt. Uns sind heute Dokumente bekannt, die beweisen, daß Ostwald gemeinsam mit Karl Liebknecht am 28. 10. 1913 in der „Neuen Welt“ in der Berliner Hasenheide vor 3000 bis 4000 Zuhörern auftrat. Dieses Ereignis ist historisch bedeutend, denn es war das erste Mal in der deutschen Geschichte, daß ein berühmter Naturforscher und ein Führer der revolutionären Arbeiterbewegung im gleichen Sinne zu den Massen sprachen. Die Reaktion nannte Ostwald daraufhin „roten Geheimrat“, was ihn nur dazu brachte, einem Gegner zu schreiben: „Ich muß annehmen, daß Sie die Sozialdemokraten nur aus der Darstellung ihrer Feinde kennen. Ich persönlich habe bei ihnen ein sehr erheblich viel größeres Maß von praktischem Idealismus gefunden, als in den sogenannten gebildeten Kreisen, insbesondere bei meinen Berufsgenossen, den Professoren.“

So rundet sich das Bild ab vom Leben und Schaffen eines Mannes, dessen wissenschaftliches und humanistisches Erbe mit Recht zu den besten Traditionen Deutschlands zählt.

Die Aufstellung des sog. Nernstschen Wärmesatzes oder auch des Dritten Hauptsatzes der Wärmelehre war die Krönung des Lebenswerkes eines Naturwissenschaftlers, der zu den ganz großen gehört, die für immer im Ehrenbuch der Wissenschaft verzeichnet bleiben. Unter den bedeutenden Naturwissenschaftlern, die in der Zeit von der Jahrhundertwende bis zum Beginn der unseligen Naziära in Berlin lebten und forschten, war Nernst sicher eine der originellsten Persönlichkeiten. *Einstein* sagte von ihm, daß er niemals jemanden getroffen hätte, der Nernst auch nur in einem Punkte ähnlich gewesen wäre.

Nernst wurde am 25. Juni 1864 im damaligen Westpreußen als Sohn eines Landrichters geboren. Schon früh entwickelte sich seine Neigung zur Naturwissenschaft. Seine wissenschaftliche Ausbildung vollzog sich in Zürich, Berlin, Graz und Würzburg. Seine Lehrer waren u. a. die Physiker von *Ettingshausen* in Graz und Friedrich *Kohlrausch* in Würzburg, wo Nernst 1887 promovierte.

In Würzburg lernte er Svante *Arrhenius* kennen, mit dem ihn eine lebenslange Freundschaft verband. Arrhenius gehörte zu den Begründern eines damals erst in Ansätzen existierenden Zweiges der Wissenschaft: der physikalischen Chemie. Ihr Fundament war vor allem von Wilhelm *Ostwald* und Jacobus Hendricus van't *Hoff* gelegt worden. Der Kern dieser neuen Richtung der Wissenschaft war die Anwendung der Gesetze der Wärme- und Elektrizitätslehre auf Probleme der Chemie. Angeregt durch *Arrhenius* und später als Assistent von *Ostwald* in Leipzig hat sich der junge Nernst zuerst vor allem der Elektrochemie zugewandt. Er beschäftigte sich mit dem Zusammenhang zwischen der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elementes und der Konzentration der in dem Element enthaltenen elektrolytischen Lösung. Dabei gelang ihm bereits ein ganz großer Wurf. Er konnte durch die heute als Nernstsche Gleichung in allen Lehrbüchern zu findende Gesetz-

mäßigkeit eines der wichtigsten Bindeglieder zwischen Elektrochemie und Thermodynamik auffinden. Seine Gedanken, die in der Habilitationsschrift „Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen“ niedergelegt wurden, fanden schnell begeisterte Zustimmung bei den meisten Fachkollegen und verhalfen ihm schon in jungen Jahren zur Berühmtheit. So wurde er 1891 als Ordinarius für physikalische Chemie nach Göttingen berufen.

Hier begann Nernst sich mit thermodynamischen Untersuchungen zu beschäftigen. Arbeiten über die elektrolytische Leitung fester Körper bei sehr hohen Temperaturen führten zur Entdeckung eines Glühkörpers, der im wesentlichen aus Zirkonoxyd bestand und von der AEG als Nernst-Stift herausgebracht wurde. Er erlangte eine große, aber sehr kurz währende Berühmtheit, denn durch die Entwicklung der Kohle- und Metallfadenlampen geriet der Nernst-Stift bald in Vergessenheit.

Als 1904 *Landolt*, der Direktor des II. Chemischen Institutes der Berliner Universität, emeritiert wurde, wurde Nernst nach Berlin berufen und auf seinen Wunsch das II. Chemische Institut in Physikalisch-Chemisches Institut umbenannt. Damit begann die eigentliche Geschichte dieses in der Bunsenstraße direkt an der Spree gelegenen Institutes, das auch heute noch existiert. Eine ganze Generation von hervorragenden Physikochemikern ging in der Bunsenstraße durch Nernsts Schule: *Eucken*, *Bodenstein*, von *Wartenberg*, *Eggert*, *Noddack*, *Jost*, *Bonhoeffer*, *Günther* und *Franz Simon*, der 1933 von den Faschisten aus Deutschland vertrieben wurde.

1906 veröffentlichte Nernst in Berlin seinen bedeutendsten Beitrag für die Wissenschaft, der ihm 1920 den Nobelpreis einbrachte: den Dritten Hauptsatz der Wärmelehre. Vor Aufstellung dieses Satzes konnte der große Fortschritt der Wärmelehre, den die Arbeiten von *Helmholtz*, *Gibbs*, *Berthelot* und vielen anderen ermöglicht hatten, für die chemische Praxis deshalb nicht recht fruchtbar werden, weil es nicht möglich war, mit Hilfe von Reaktionswärmen chemische Gleichgewichtskonstan-

ten zu bestimmen. Dies war aber das große Ziel der chemischen Thermodynamik, mit dessen Erreichen die Chemie, insbesondere die technische Chemie, zur rechnenden Wissenschaft wurde und nicht mehr auf reine Empirie angewiesen war. Nernst löste das Problem auf Grund einer ganz einfachen Annahme. Er postulierte, daß mit Annäherung an den absoluten Nullpunkt die Reaktionswärme einer chemischen Reaktion gleich der Änderung der sogenannten Freien Energie wird und sich beide Größen mit der Temperatur nicht mehr ändern. Mit dieser Annahme war es tatsächlich möglich, die Gleichgewichtskonstanten der Freien Energie aus Reaktionswärmern, also aus experimentell zugänglichen Größen zu berechnen. In den folgenden Jahren konnte das Nernstsche Postulat durch zahlreiche Messungen der spezifischen Wärmen bei tiefen Temperaturen, die vor allem Nernst selbst durchführte, glänzend bestätigt und von seiten der theoretischen Physik her, insbesondere durch Max *Planck*, weiter ausgebaut werden. Es zeigte sich, daß der Nernstsche Wärmesatz auch als Prinzip von der Unerreichbarkeit des absoluten Nullpunktes formuliert werden kann.

Damit wurde durch Walther Nernst nicht nur die theoretische Thermodynamik auf eine neue Stufe gehoben, sondern auch die chemische Industrie in die Lage versetzt, die ökonomische Realisierung ihrer Reaktionen vorher eingehend berechnen zu können. Dieser Teil des Nernstschen Lebenswerkes hat also die menschliche Produktion in entscheidender Weise beeinflußt.

Wenn wir heute nach den Gründen fragen, die einen so umfassenden Beitrag für die Wissenschaft durch die Arbeitskraft eines Mannes ermöglichten, so ist an erster Stelle die geniale Verbindung von Theorie und Praxis in der Nernstschen Arbeitsweise zu nennen. Nernst war nicht nur ein ausgezeichnete Experimentator, der viele Apparate selbst konstruierte und baute (Kalorimeter, Mikrowaage), und ein guter Theoretiker, sondern vor allen Dingen ein Wissenschaftler, der engsten Kontakt mit der

Praxis der Industrie suchte und in jedem technischen Problem sofort den theoretischen Aspekt sah.

Aus diesem Grunde faßte Nernst 1922 wohl auch den folgeschweren Entschluß, das Amt des Direktors des Physikalisch-Chemischen Institutes mit dem des Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu vertauschen. Er wollte große Pläne und Reformen der Organisation der Wissenschaft durchführen, die aber in der Inflationszeit scheitern mußten. So kehrte er 1924 an die Universität – als Direktor des Physikalischen Institutes – zurück. In der Zeit des aufkommenden Faschismus, dem Nernst innerlich ablehnend gegenüberstand, hat er keine bedeutenden Leistungen mehr vollbringen können. Er zog sich 1933 auf sein Gut in der Lausitz zurück und starb am 18. November 1941.

Die Erinnerung an Nernst ist heute nicht nur in Berlin, sondern überall, wo seine zahlreichen Schüler arbeiten, noch sehr lebendig. Seine originelle und gänzlich unkonventionelle Persönlichkeit, die durch eine Mischung von Temperament, Präzision, mitunter heftiger Parteilichkeit, aber auch großer Liebenswürdigkeit geprägt war, behalten alle, die ihn kannten, in dankbarer Erinnerung. Zahlreiche Anekdoten, die über ihn erzählt werden, beziehen sich meistens auf die große Leidenschaft, mit der Nernst sich besonders aparten und seinerzeit noch sehr ausgefallenen Erfindungen zuwandte. Nernst war einer der ersten deutschen Automobilisten, der mit wahrer Beessenheit dem Motorsport anhing. Jahrelang hat er sich aber auch mit der Konstruktion eines elektrischen Klaviers, dem Neo-Bechstein-Flügel, beschäftigt. Er bezeichnete diese seine Liebhabereien als „Physique amusante“. Dabei darf aber nicht vergessen werden, daß er in einer recht wenig „amüsanten“ Zeit gelebt hat. Die furchtbare Gefahr einer Auslieferung der Wissenschaft an Militarismus und Faschismus hat Nernst bis 1918 nicht gesehen. Aber der mörderische Krieg, in dem er für den deutschen Generalstab chemische Arbeiten durchführte, raubte ihm beide Söhne. Er erlebte die infamen Angriffe gegen Al-

bert *Einstein*, seinen großen Kollegen, dessen Berufung nach Berlin er mit durchgesetzt hatte. Es sollte nie vergessen werden, daß auch Nernsts Name unter jener Erklärung stand, die sich scharf gegen die gehässige Diffamierung *Einsteins* wandte und 1920 der Presse übergeben wurde.

In seinen Veröffentlichungen finden sich auch viele sehr treffende Bemerkungen über naturwissenschaftlich-philosophische Probleme, die von einer durchaus materialistischen Grundeinstellung zeugen. So wandte er sich vor allem gegen die reaktionären Spekulationen über den sogenannten „Wärmetod“ der Welt.

Das Erbe Walther Nernsts hilft uns heute in Hunderten von Hochschul- und Industrielaboratorien, aber auch in den großen Werken der chemischen Industrie bei der Verwirklichung unseres Chemie-Programms, das ohne Nernsts Lebenswerk undenkbar wäre.

Heinrich Rudolf Hertz wurde am 22. Februar 1857 in Hamburg als ältester Sohn des Rechtsanwalts und späteren Senators Dr. Gustav Hertz geboren. Nach dem Besuch einer Privatschule und einem Jahr häuslicher Vorbereitung trat er in die Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg ein, wo er im Jahre 1875 das Zeugnis der Reife erhielt. Schon in seiner Schulzeit zeichnete er sich durch eine außerordentliche Begabung aus, welche sich in gleicher Weise auf mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer wie auch auf die Sprachwissenschaften bezog.

Ein hervorragender Zug seines Charakters war und blieb auch später seine große persönliche Bescheidenheit. Diese war es wohl auch, die ihn daran hinderte, sich sogleich dem Studium der reinen Wissenschaft zu widmen, und die ihn veranlaßte, statt dessen Ingenieurwissenschaften zu studieren. Daher ging er zunächst nach Frankfurt/M., um sich dort durch praktische Arbeiten im Büro eines Architekten auf das technische Studium vorzubereiten. Dieses begann er im Frühjahr 1876 an der Technischen Hochschule in Dresden, wo er nur ein Semester blieb, um nach Ableistung seines einjährigen Militärdienstes im Herbst 1877 an die Münchner Technische Hochschule überzugehen. Dort wurde ihm klar, daß sein wahres Interesse der reinen Wissenschaft gehörte, und so ging er bald zum Studium von Mathematik und Physik an die Universität München. Im folgenden Jahre, im Herbst 1878, finden wir ihn an der Universität Berlin, wo *Kirchhoff* und *Helmholtz* seine Lehrer wurden. Ganz besonders *Helmholtz* hat ihn nachhaltig beeinflußt und sein Interesse schon früh in die Richtung gelenkt, in welcher er später seine großen Erfolge haben sollte. Seine erste selbständige Arbeit war die Bearbeitung einer Preisaufgabe der Fakultät, welche die Untersuchung des Einflusses der Masse der strömenden Elektrizität auf die Größe des sogenannten Extrastromes zum Gegenstand hatte. Im

Frühjahr 1880 promovierte Hertz mit einer theoretischen Arbeit über die Induktion in rotierenden Kugeln.

Nachdem er zwei Jahre Assistent am Physikalischen Institut der Berliner Universität gewesen war, habilitierte er sich in Kiel für theoretische Physik. Bereits zwei Jahre später erhielt er eine Berufung als Professor der Physik an die Technische Hochschule in Karlsruhe, wo er in den folgenden Jahren seine großen Entdeckungen machte. Dort verheiratete er sich 1886 mit Elisabeth Doll, der Tochter eines Kollegen.

Seine erfolgreichen Arbeiten brachten ihm zahlreiche äußere Ehrungen und die Berufung an die Universität Bonn, welcher er zu Ostern 1889 folgte.

Kurz danach begann sich bei ihm eine quälende Kiefererkrankung zu entwickeln, welche im November 1892 eine Operation notwendig machte. Nach kurzer Erleichterung trat jedoch das Leiden erneut auf. Am 1. Januar 1894 erlag er ihm im Alter von nur 37 Jahren.

Um die Bedeutung der Hertzschen Arbeiten zu verstehen, ist es notwendig, sich den Stand der Physik in der damaligen Zeit vor Augen zu führen.

In der Elektrizitätslehre gab es zwei Auffassungen. Die eine, die von der Mehrzahl der Physiker vertreten wurde, die sogenannte Fernwirkungstheorie, schloß sich unmittelbar an das *Newtonsche* Gesetz der Gravitation an. Bekanntlich hat *Newton* die Bewegung der Planeten durch das nach ihm benannte Gesetz erklärt, nach welchem sich je zwei Körper anziehen mit einer Kraft, welche umgekehrt proportional ist dem Quadrat ihrer Entfernung. Ein ähnliches Gesetz hatte sich für die Anziehung zwischen positiven und negativen elektrischen Ladungen als gültig erwiesen, nämlich das *Coulombsche* Gesetz. Bei diesem kommt es zwar noch auf die Vorzeichen der beiden Ladungen an, aber in einem wesentlichen Punkte stimmt es mit dem *Newtonschen* Gesetz überein: Die Kraft wirkt auf beliebige Entfernungen umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung. Es soll sich also um eine Fernkraft handeln, welche durch

den leeren Raum hindurch wirkt und sich mit unendlicher Geschwindigkeit ausbreitet.

Diese Auffassung erschien dem englischen Physiker *Faraday* unbefriedigend. Im Anschluß an die bekannten Kraftlinienbilder entwickelte er eine andere Vorstellung und suchte die Ursache für die elektrischen Kräfte in Vorgängen im Raume zwischen den Körpern. Für den einfachen Fall der elektrischen und magnetischen Anziehung und Abstoßung ergaben beide Theorien genau dasselbe, so daß eine Entscheidung zwischen ihnen zunächst nicht möglich war.

Die zunächst mehr qualitativen Vorstellungen von *Faraday* wurden von *Maxwell* in die Form einer mathematischen Theorie der elektrischen und magnetischen Erscheinungen gebracht. Diese Theorie führte zu einer sehr überraschenden neuen Folgerung, daß es nämlich transversale elektromagnetische Wellen geben müßte, welche sich mit der Geschwindigkeit des Lichtes im Raum ausbreiten. Damit lag die Annahme nahe, daß das Licht nichts anderes sei als eben solche elektromagnetischen Wellen. Die Mehrzahl der Physiker hielt trotzdem an der Fernwirkungstheorie fest. Allerdings war die neue Theorie in der Form, die ihr von *Maxwell* gegeben worden war, noch recht verwickelt und nicht leicht verständlich. Erst Hertz hat ihr später die übersichtliche Form gegeben, in welcher wir sie heute kennen.

Solange es sich nur um ruhende Ladungen oder um geschlossene Ströme handelt, stimmen die beiden Theorien in ihren Aussagen vollständig überein. Bei ungeschlossenen Strömen dagegen ergibt sich ein Unterschied. Im Gegensatz zur Fernwirkungstheorie verlangt die *Maxwellsche* Theorie, daß in diesem Falle die zeitlich veränderliche elektrische Feldstärke im Raum einem Strom äquivalent sein und ein Magnetfeld erzeugen soll. *Helmholtz*, welcher sehr an der Frage der Theorien der Elektrizität interessiert war, machte diese Frage zum Gegenstand einer Preisaufgabe, welche die Berliner Akademie im Jahre 1879 stellte, und forderte Hertz auf, die Be-

arbeitung dieser Aufgabe in Angriff zu nehmen. Hertz stellte auf Grund von Berechnungen fest, daß ein experimenteller Nachweis des von der *Maxwellschen* Theorie geforderten Magnetfeldes nur möglich sein würde, wenn es gelänge, mit Hilfe sehr hochfrequenter elektrischer Schwingungen hinreichend schnell veränderliche elektrische Felder zu erzeugen. Er erkannte, daß dies mit den damals zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln nicht möglich war, und stellte daher die Bearbeitung zunächst zurück.

Erst sieben Jahre später griff er in Karlsruhe diese Frage wieder auf. Bei Vorlesungs-Versuchen hatte er zufällig beobachtet, daß es möglich ist, auch eine offene Spule von wenigen Windungen mittels einer Funkenstrecke zu regelmäßigen elektrischen Schwingungen zu erregen. Auf diese Weise ließen sich Schwingungen erheblich höherer Frequenz erzeugen, und damit ergab sich für ihn die Möglichkeit, das Problem der Preisaufgabe in Angriff zu nehmen.

Indem er von der offenen Spule zu einem in der Mitte durch eine Funkenstrecke unterbrochenen und an beiden Enden durch Metallkugeln abgeschlossenen geraden Leiter überging, gelangte Hertz zu der Grundform der Dipolantenne, wie sie heute in ähnlicher Form zur Aussendung und zum Empfang von Ultrakurzwellen benutzt wird. Die Frequenz der mit diesem Dipol erzeugten Schwingungen berechnete er in der heutigen Bezeichnungsweise zu etwa 100 MHz. Sie entsprach also ungefähr der der heutigen Ultrakurzwellen.

Um Versuche mit den auf diese Weise erzeugten hochfrequenten Schwingungen machen zu können, benötigte Hertz aber noch ein genügend empfindliches Nachweisinstrument. Auch hierfür fand er eine geniale Lösung: Er benutzte einen geschlossenen Drahtkreis, welcher nur an einer Stelle durch eine feine Funkenstrecke unterbrochen war. Ein solcher Drahtkreis ist ebenfalls ein schwingungsfähiges Gebilde. Hertz gab ihm solche Abmessungen, daß seine Eigenfrequenz mit der des Sende-

dipols übereinstimmte. Unter dem Einfluß elektrischer Schwingungen der gleichen Frequenz treten durch Resonanz in diesem Kreise ebenfalls elektrische Schwingungen auf, welche sich durch das Überspringen von feinen, nur im Dunkeln sichtbaren Funken an der Funkenstrecke bemerkbar machen. Hertz bezeichnete ein solches Empfangsgerät daher als einen Resonator. Er benutzte ihn nicht nur zum Nachweis, sondern auch zur Messung der Intensität von elektrischen Schwingungen, indem er mit Hilfe einer mikrometrisch verstellbaren Funkenstrecke die größtmögliche Länge der auftretenden Funken maß. Im Laufe der nun folgenden Untersuchungen beschränkte sich Hertz nicht auf die in der Preisaufgabe gestellte Frage. Er stellte sich vielmehr die Aufgabe, die wichtigste Forderung der *Maxwellschen* Theorie zu prüfen, nämlich die Existenz elektromagnetischer Wellen im leeren Raum. Seine ersten Versuche in dieser Richtung hatten das Ziel, die im freien Raum fortschreitenden Wellen durch Interferenz mit den damals schon bekannten Drahtwellen nachzuweisen und auf diese Weise gleichzeitig ihre Geschwindigkeit zu bestimmen. Diese Versuche führten nicht zu eindeutigen Resultaten, sie waren, wie Hertz bald erkannte, durch die Reflexion der elektromagnetischen Wellen an den Wänden und an metallischen Gegenständen im Versuchsraum gestört. Gerade von dieser zunächst sehr störenden Reflexion machte Hertz bei seinen weiteren Versuchen mit großem Erfolg Gebrauch. Er hingte an einer entfernten Wand des als Versuchsraum benutzten Hörsaals eine Tafel aus Zinklech auf und stellte ihr einen Sendedipol im Abstand von 13 m gegenüber. Infolge der Reflexion an der Metalloberfläche bildeten sich nun im Raum stehende Wellen aus, deren Verlauf er mittels des Resonators verfolgen konnte. Aus der Entfernung zwischen den aufeinanderfolgenden Punkten, in welchen der Resonator minimale Funkenlänge ergab, konnte er die Wellenlänge bestimmen und aus dieser mit Hilfe der bekannten Frequenz die Wellengeschwindigkeit ermitteln. Sie ergab sich

innerhalb der Meßgenauigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit.

Nach diesem Versuch war ein Zweifel an der Richtigkeit der *Maxwellschen* Theorie nicht mehr möglich. Um den Nachweis noch überzeugender zu machen und unmittelbar die Wesensgleichheit von Licht und elektromagnetischen Wellen nachzuweisen, stellte Hertz eine Reihe von Experimenten an, in welchen die Grundversuche der Optik mit elektrischen Wellen wiederholt wurden. Mittels eines kurzen Dipols und eines parabolischen Zylinderspiegels erzeugte er ein Bündel ebener Wellen von nur 30 cm Wellenlänge. Er zeigte, daß ein solches Bündel an einer Metalloberfläche genau wie ein Lichtstrahl reflektiert wird. An einem großen, aus Pech gegossenen Prisma demonstrierte er die Brechung der elektromagnetischen Wellen, und schließlich wies er die Polarisation der Wellen nach, indem er als Analysator an Stelle des *Nicolschen* Prismas der Optik ein Drahtgitter benutzte.

Diese Versuche waren so eindrucksvoll, daß von diesem Augenblick an kein Physiker mehr an der Richtigkeit der *Maxwellschen* Theorie zweifeln konnte. Die beiden bis dahin unabhängigen Gebiete der Elektrizitätslehre und der Optik waren zu einem geworden, und damit war ein gewaltiger Schritt vorwärts getan in der Richtung auf eine einheitliche Auffassung des physikalischen Geschehens.

Das Gebäude der klassischen Physik war vollendet und damit der Boden geschaffen, auf welchem sich die neuartigen Gedanken der heutigen Atomphysik entwickeln sollten. Hierin liegt die große Bedeutung der Hertzschen Arbeiten für die Entwicklung der Wissenschaft. Für den Laien springt als Auswirkung der Hertzschen Entdeckung die drahtlose Telegraphie mit allen ihren weiteren Entwicklungen besonders ins Auge. Hertz hat an solche Anwendungen nicht gedacht, und es waren in der Tat noch mehrere grundsätzliche Erfindungen nötig, um die drahtlose Nachrichtenübermittlung zu dem zu machen, was sie in unserem heutigen Leben bedeutet.

Trotz seiner kurzen Lebenszeit hat uns Hertz außer dem Nachweis der elektromagnetischen Wellen noch eine Reihe von wichtigen Entdeckungen hinterlassen, von denen hier nur zwei genannt werden sollen: Die Beeinflussung einer Funkenstrecke durch ultraviolettes Licht, welche später zur Entdeckung des Photoeffektes durch *Hallwachs* führen sollte, und die Durchlässigkeit dünner Metallschichten für Kathodenstrahlen, durch welche *Lenard* zu der Vorstellung geführt wurde, daß die gesamte Masse eines Atoms in einem sehr kleinen Teil seines Volumens konzentriert sei. Von dieser Annahme ausgehend, entwickelten bekanntlich *Rutherford* und *Bohr* die Vorstellungen vom Bau des Atoms, welche der heutigen Atomphysik zugrunde liegen.

Jedes Schulkind in der DDR kennt heutigentages den Namen Röntgen, und sei es auch nur in Verbindung mit den Röntgen-Reihenuntersuchungen. Jeder Erwachsene weiß, was man unter „röntgen“ versteht, und verdankt vielleicht sogar selbst einer „Röntgenaufnahme“ die sachgemäße Behandlung einer Verletzung bei Arbeit oder Sport oder die Bewahrung vor schwerer Krankheit, weil eine „Röntgendurchleuchtung“ dem Arzt eine Frühdiagnose ermöglichte; aber wenig ist bekannt über den Mann selbst, dessen Entdeckung sich so segensreich für das Wohl der Menschheit auswirkte.

Wilhelm Conrad Röntgen wurde am 27. März 1845 in Lennep, einer kleinen Stadt im bergischen Land, geboren. Schon drei Jahre später siedelten seine Eltern nach Apeldoorn in Holland über. Dort besuchte er auch die Schule, zunächst in Apeldoorn, später in Utrecht. Mit 20 Jahren wurde der junge Röntgen Student an der mechanisch-technischen Abteilung der Eidgenössischen Polytechnischen Schule in Zürich und erhielt dort 1868 sein Diplom als Maschineningenieur. 1869 promovierte er an der Universität Zürich mit „Studien über Gase“, einer mathematisch-physikalischen Arbeit. Danach arbeitete er als Assistent von *Kundt* am Züricher Polytechnikum und folgte ihm 1870 an die Universität Würzburg.

1872 heiratete Röntgen Bertha Ludwig aus Zürich, mit der er fünfzig Jahre in glücklicher Ehe lebte. Im gleichen Jahre ging er mit *Kundt* nach Straßburg und ließ sich dort 1874 als Privatdozent nieder. Schon ein Jahr danach wurde er als Professor für Physik und Mathematik an die Landwirtschaftliche Akademie in Hohenheim in Württemberg berufen. Die Mittel des dortigen Instituts waren aber zu beschränkt, um eine breitere Forschungstätigkeit zu gewährleisten. Deshalb kehrte Röntgen 1876 als zweiter Physiker, der – wie damals üblich – die theoretische Physik vertrat, nach Straßburg zurück. Auf Grund seiner wissenschaftlichen Arbeiten wurde ihm

1879 das Ordinariat der Physik an der Universität Gießen angeboten. Nachdem er zwei andere Angebote aus Utrecht und Jena ausgeschlagen hatte, ging er 1888 als Nachfolger des Experimentalphysikers Friedrich *Kohlrausch* nach Würzburg.

Es war ihm bekannt, daß Kathodenstrahlen durch dünne Metallschichten aus der Gasentladungsröhre heraustreten können. Treffen diese Strahlen auf Mineralien oder Glas auf, so fluoreszieren diese Stoffe: eine photographische Platte wird geschwärzt.

Beim Experimentieren mit Kathodenstrahlen bemerkte Röntgen, daß einige auf dem Tisch liegende Bariumplatinzyanürkristalle aufleuchteten, obwohl sie weder von den Kathodenstrahlen noch von sichtbarer Strahlung getroffen wurden. Durch sorgfältige Untersuchungen konnte Röntgen feststellen, daß beim plötzlichen Abbremsen der Kathodenstrahlen eine neue unsichtbare Strahlung entstand, die Holz, Metall oder die menschliche Hand mehr oder weniger gut durchdrang. Röntgen bezeichnete diese Strahlung als X-Strahlung. Schon kurze Zeit darauf erschienen von ihm zwei weitere Mitteilungen über die neue Strahlenart.

Die Wirkung auf die Zeitgenossen war ungeheuer.

Unverzögert und ohne besondere Durchsprache in einer Sitzung veröffentlichte die Physikalisch-Medizinische Gesellschaft in Würzburg den Bericht über Röntgens Entdeckung in ihren Sitzungsberichten. Gleichzeitig angefertigte Sonderdrucke waren in kurzer Zeit vergriffen. Besonderen Eindruck machte Röntgens Aufnahme einer durchleuchteten Hand, die der Medizin völlig neue diagnostische Möglichkeiten eröffnete. Auf der Tagung der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg am 23. 1. 1896, auf der Röntgen über seine Entdeckungen berichtete, schlug der berühmte Anatom A. von *Kölliker* unter dem begeisterten Beifall der Versammlung vor, die neuen Strahlen künftig Röntgenstrahlen zu nennen.

Die Kunde von den neuen Strahlen verbreitete sich mit Windeseile um die Welt. In vielen physikalischen Labo-

ratorien wurden Röntgens Versuche wiederholt und seine Ergebnisse bestätigt. Ärzte mit ihren Patienten fanden sich ein, um an Hand von Röntgenaufnahmen ihre Diagnosen zu stellen. *Edison* eröffnete eine Röntgenausstellung, in der das Publikum Teile seines eigenen Skeletts sehen konnte. Die Tageszeitungen berichteten in phantasievollen Berichten über die neuen Strahlen und verbreiteten neben den Tatsachen auch mancherlei Unfug. Neben vielen begeisterten Zustimmungen reagierte ein Teil des Publikums ablehnend auf die „Gespensterbilder“. So schrieb die Londoner Zeitschrift „The Electrician“: „Wir stimmen jedoch den Tageszeitungen nicht bei, wenn sie diese Entdeckung als eine ‚Revolution in der Photographie‘ bezeichnen. Es gibt sicherlich nur wenige Leute, die für ein Porträt sitzen wollen, welches ‚nur die Knochen und Ringe an den Fingern‘ zeigt.“ Auch Gedichte aus dieser Zeit spiegeln die ängstlichen Empfindungen gegenüber den Schattenphotographien wider. Viele Befürchtungen rührten daher, daß man dachte, die Röntgenphotographie sei mit einer gewöhnlichen Photographie identisch, mit dem Unterschied, daß man nun auch das Körperinnere aufnehmen könne. Sogar ein Theaterstück „Die X-Strahlen oder Herr Röntgen bringt es an den Tag“ erschien.

Ursprünglich lag kein Grund vor, physiologische Wirkungen der Röntgenstrahlen anzunehmen, und die Experimentatoren schützten sich nicht vor den Strahlen, obwohl schon Röntgen selbst gezeigt hatte, daß die Strahlen beispielsweise Blei nicht zu durchdringen vermögen. Jedoch schon bald wurden Fälle von Verbrennungen durch Röntgenstrahlen bekannt, die zur Vorsicht und zu geeigneten Schutzmaßnahmen mahnten. *Edisons* Assistent *Dally* starb an Verbrennungen, die er sich beim Experimentieren mit Röntgenstrahlen zugezogen hatte, und *Edison* brach seine Versuche ab. Andererseits eröffneten sich damit die Möglichkeiten einer Strahlentherapie, und schon 1896 begannen einzelne Ärzte mit der Behandlung von Krebs, Tuberkulose und anderen Krankheiten mit

Röntgenstrahlen, allerdings mehr oder minder auf gut Glück. Immerhin wurde schon 1896 der Grundstein zur modernen Röntgendiagnostik und -therapie gelegt.

1900 nahm Röntgen eine Berufung nach München an und übernahm die Direktion des dortigen Physikalischen Instituts. 1901 wurden zum ersten Male die Nobelpreise verteilt. Röntgen erhielt als erster den Nobelpreis für Physik. Den Geldbetrag des Preises vermachte er der Universität Würzburg. Er verfiel später in der Inflation nach dem ersten Weltkrieg. In München nahm Röntgen seine Forschungen über die physikalischen Eigenschaften der Kristalle wieder auf, Forschungen, an denen er schon vor seiner Entdeckung gearbeitet hatte, und untersuchte die Elektrizitätsleitung in Kristallen, insonderheit unter dem Einfluß von Bestrahlung.

Trotz seiner umfangreichen Untersuchungen über die Eigenschaften und Wirkungen der Röntgenstrahlen vermochte Röntgen nichts Endgültiges über das Wesen der Strahlen zu sagen. Es waren verschiedene Auffassungen unter den Wissenschaftlern darüber verbreitet. 1912 stellten *W. Friedrich* und *E. Knipping* nach einem Vorschlag von *Max von Laue* die ersten Röntgenstrahlinterferenzbilder durch Beugung an Kristallen her und bewiesen damit, daß die Röntgenstrahlen Licht sehr kurzer Wellenlänge sind.

1920 zog sich Röntgen vom Lehramt zurück. Er arbeitete aber noch bis wenige Tage vor seinem Tode. Am 10. Februar 1923 starb Röntgen an einem Darmkarzinom, dessen Symptome schon 1922 auftraten, das ihn aber erst 6 Tage vor seinem Tode ans Bett fesselte. Der schließlich herbeigerufene Chirurg *Sauerbruch* kam zu spät.

Röntgens Arbeiten besitzen für die verschiedensten Gebiete der Wissenschaft und Technik große Bedeutung. Sie bereicherten die Physik um wichtige Erkenntnisse über Strahlungen. Ohne die Kenntnis der Röntgenstrahlen wäre die Theorie der Atomhülle unvollständig geblieben. Sie bilden ein unentbehrliches Hilfsmittel bei der Erforschung der Struktur der Kristalle. Die Medizin

verdankt Röntgen die Möglichkeit der Früherkennung von Tuberkulose, Karzinomen und anderen Krankheiten; die Röntgenstrahlen zeigen Veränderungen am Skelett, sei es durch Fraktur, Überlastung oder andere Prozesse. Die ersten Röntgenstrahltaufnahme einer menschlichen Hand stammt, wie bereits erwähnt, von Röntgen selbst. Auch die großen Blutgefäße können nach Einspritzen eines geeigneten Kontrastmittels im Röntgenbild sichtbar gemacht werden. Röntgenstrahlen dienen zur Behandlung von Karzinomen, denn sie schädigen bevorzugt die schnell wachsenden Krebszellen. Für die Technik ergaben sich neue Möglichkeiten der Materialprüfung. Auch auf diesem Gebiet lieferte Röntgen den ersten Beitrag selbst. Durch eine Aufnahme seines Jagdgewehres zeigte er, daß sich Hohlräume im Material auf der photographischen Platte bemerkbar machen. Röntgenstrahluntersuchungen sind weiterhin eine wichtige Methode der Kriminalistik.

Will man aber Röntgen recht würdigen, so darf man über dem Wissenschaftler nicht den Menschen vergessen. Zwischen beiden besteht kein Bruch, sondern volle Übereinstimmung. Die Tochter seines Freundes Boveri schreibt über ihn, daß seine ausgeprägteste Eigenschaft wohl seine Unbestechlichkeit gewesen sei, Unbestechlichkeit in der Wissenschaft, Unbestechlichkeit im Leben. Bezeichnend für ihn ist, daß er alle Angebote, seine Entdeckung patentieren zu lassen, abschlug. Dadurch gab er allen Forschern die Möglichkeit, an ihr mitzuarbeiten und sie weiterzuentwickeln. Somit wirken Röntgens Persönlichkeit und seine Arbeit bis in die heutige Zeit zum Wohl der Wissenschaft und zum Segen für die Menschheit.

Max von Laue wurde am 9. Oktober 1879 – im gleichen Jahr also wie Albert *Einstein* und Otto *Hahn* – in Pfaffendorf bei Koblenz als Sohn eines preußischen Militärbeamten geboren. Der häufige Wechsel des Dienstortes seines Vaters hatte zur Folge, daß der junge Laue in verschiedenen Städten des damaligen Deutschen Reiches aufwuchs. In Posen verlebte er seine frühe Kindheit, in Berlin und Straßburg hat er die Schule besucht und die ersten Anregungen zur Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Fragen empfangen. Seine Berufswahl wurde entschieden durch die Lektüre der „Vorträge und Reden“ von Hermann von *Helmholtz*.

In Straßburg, Göttingen, München und Berlin hat Laue Physik studiert. In Göttingen hörte er die Vorlesungen des Mathematikers *Hilbert*, den er als das größte wissenschaftliche Genie betrachtete, das er jemals mit Augen gesehen hat; in München studierte er bei *Röntgen*, und schließlich schloß er in Berlin bei Max *Planck* sein Physik-Studium ab. 1903 hat Laue dort mit einer Untersuchung über Interferenz-Erscheinungen an planparallelen Platten zum Dr. phil. promoviert. Von 1905 bis 1909 war er *Plancks* Assistent. Dann ging er, nachdem er sich bereits 1906 in Berlin für theoretische Physik habilitiert hatte, als Privatdozent nach München, wo damals für sein engeres Forschungsgebiet besonders günstige Arbeitsbedingungen bestanden.

Später hat Max von Laue selbst geschildert, wie ihm in München der so ungewöhnlich folgenreiche Gedanke gekommen ist, daß sich beim Durchgang von Röntgenstrahlen durch Kristalle dank der auftretenden Beugungs- und Überlagerungserscheinungen die Anordnung der Atome fotografisch abbilden und auf diesem Wege die vermutete Raumgitterstruktur nachweisen lassen müsse. Diese genial-einfache Idee wurde von zwei Röntgen-Schülern, Walter *Friedrich* und Paul *Knipping*, unter Laues Anleitung experimentell geprüft und bestätigt. Laue selbst

hat die erste vollständige Deutung und exakte mathematische Beschreibung der nach ihm benannten Beugungsbilder, der „Laue-Diagramme“, gegeben. Durch diese Entdeckung, das Gegenstück zur *Hertzschen* Entdeckung der langen elektromagnetischen Wellen, wurden die Röntgenstrahlen erstmals einwandfrei als kurzwellige elektromagnetische Strahlung nachgewiesen.

Die epochemachende Einsicht Max von Laues hat nicht nur grundlegende physikalische und technische Bedeutung erlangt und zur Schaffung neuer Forschungszweige insbesondere im Grenzgebiet von Physik und Mineralogie geführt, sondern ist auch für bestimmte philosophische Grenzfragen der Physik ungemein wichtig geworden. Sie trug entscheidend dazu bei, die Atomlehre, die bereits kurz vorher durch die Forschungsergebnisse englischer und französischer Physiker sowie durch die molekular-physikalischen Arbeiten des jungen *Einstein* experimentell und theoretisch gestützt worden war, endgültig zu sichern. Damit war ein Kerngebiet der materialistischen Naturauffassung für immer abgeschirmt gegen die Zweifel und Vorbehalte, die von positivistischer Seite vorgebracht werden konnten, solange die Atome noch nicht „sichtbar“ waren.

Auf Grund dieser überragenden wissenschaftlichen Leistung wurde Laue noch 1912, im Jahr der Entdeckung der Röntgenstrahl-Interferenzen, für die er 1914 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde, als Professor für theoretische Physik nach Zürich berufen. Dort hat er neben *Einstein*, der zur gleichen Zeit an der Technischen Hochschule tätig war, zwei Jahre lang an der Universität gewirkt. 1914 ist Laue einem Ruf nach Frankfurt gefolgt, 1919 ist er als Ordinarius für theoretische Physik an die Berliner Universität zurückgekehrt, an der er fortan – bis 1943 – gelehrt hat und die er als seine „eigentliche geistige Heimat“ betrachtete.

In seiner Berliner Zeit hat sich Max von Laue vor allem mit dem Problem der „Supraleitung“ beschäftigt, d. h. mit der Aufklärung der Frage des merkwürdigen sprunghaf-

ten Verschwindens des elektrischen Widerstandes, das vielen Metallen bei sehr tiefen, dem absoluten Nullpunkt angenäherten Temperaturen eigentümlich ist.

Laue, der eine ungewöhnliche mathematische Begabung besaß, war auch einer der ersten Physiker, die *Einsteins* Relativitätstheorie in ihrer ganzen Tiefe und Tragweite erfaßten, sie schöpferisch bereicherten und zu ihrem Sieg beitrugen. Sein Buch über die Relativitätstheorie aus dem Jahre 1911 war die erste zusammenfassende Darstellung der damals noch jungen *Einsteinschen* Theorie überhaupt. Die weiteren Auflagen dieses Werkes und der später in Berlin hinzugefügte zweite Band, der die allgemeine Relativitätstheorie behandelt, gehören zu den klassischen Darstellungen der *Einsteinschen* Lehre und gelten noch heute mit Recht als Standardwerke auf diesem Gebiet der mathematischen Physik. Auch als Historiker der physikalischen Wissenschaft hat sich Laue Verdienste erworben. Seine kurzgefaßte, überaus inhalts- und ideenreiche „Geschichte der Physik“, die seit einigen Jahren auch in russischer Übersetzung vorliegt, hat eine weltweite Verbreitung gefunden und das Interesse für eine entwicklungsgeschichtliche Betrachtung der physikalischen Grundprobleme gefördert.

Es wäre jedoch einseitig und ungenügend, in Max von Laue nur einen der genialsten Naturforscher der Gegenwart zu sehen. Er war zugleich einer der lautersten und aufrechtsten Charaktere unserer Zeit, ein großer Humanist und deutscher Patriot, und er war ein Professor in der ursprünglichsten Bedeutung dieses Wortes: ein unerschrockener „Bekenner“ dessen, was er als Wahrheit und Recht erkannt hatte. So hat Laue im Jahre 1920, unterstützt von den Physikern *Nernst* und *Rubens*, den Schöpfer der Relativitätstheorie mit größter Entschiedenheit gegen die unverschämten Angriffe antisemitischer und nationalistischer Elemente verteidigt, und er hat sich auch 1933 – allerdings vergeblich – dafür eingesetzt, daß die Berliner Akademie der Wissenschaften für *Einstein*, der nach dem Machtantritt Hitlers aus der Akademie aus-

getreten war, öffentlich Partei ergreife. Wenn Laue auch nicht alle politischen Anschauungen Albert Einsteins geteilt hat, so war er doch ein ebenso unversöhnlicher Gegner des Militarismus wie dieser, und er hat aus seinem Abscheu gegen die faschistische Gewaltherrschaft, die „gesetzlose Willkür des Nationalsozialismus“, kein Hehl gemacht.

Das wird bewiesen durch das kühne Auftreten Laues auf der Würzburger Physiker-Tagung im Herbst 1933 gegen den einflußreichen Nazi-Physiker *Stark*, dessen Wahl zum ordentlichen Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften kurze Zeit später ebenfalls von Laue verhindert wurde, ferner durch seine mutige Gedächtnisrede auf *Fritz Haber* (1934), durch seine Popularisierung der *Einsteinschen* Theorie auch in der Zeit des Hitlerfaschismus (was verboten war und Laue mehrfach Zurechtweisungen der vorgesetzten Dienststelle einbrachte) und nicht zuletzt durch die Tatsache, daß Laue in der Zeit des „Dritten Reiches“ vielen politisch und „rassisch“ verfolgten Gelehrten, zum Teil unter persönlichem Einsatz, zur Flucht über die Grenzen verholfen hat. 1937 hat Laue auch seinen einzigen Sohn ins Ausland geschickt, „damit er nicht in die Zwangslage käme, für einen Hitler kämpfen zu müssen“. Um den aus seiner Stellung vertriebenen und später erblindeten Herausgeber der „Naturwissenschaften“, *Arnold Berliner*, der schließlich ein Opfer der Judenverfolgung wurde, hat sich Max von Laue angelegentlich bemüht, obwohl ein solches Verhalten damals „unerwünscht“ und gefährlich war.

So ist es nicht weiter erstaunlich, daß der Entdecker der Röntgenstrahl-Interferenzen, dessen antifaschistische Gesinnung auch das Ausland kannte, schon bald nach dem von ihm „stets vorausgesehenen und erhofften Zusammenbruch“ des Hitlerregimes als erster deutscher Physiker wieder nach England und Amerika zu wissenschaftlichen Vorträgen eingeladen wurde. Und es war nur folgerichtig, daß Max von Laue 1957 zu den Initiatoren des „Göttinger Appells“ gehört hat. Noch in seinen

letzten Lebensjahren hat er es tief bedauert, daß es nicht mehr zu einer ausdrücklichen Erneuerung dieser welt-historischen Ächtung der Atombewaffnung gekommen ist.

Von allen westdeutschen Physikern hat sich Laue am nachdrücklichsten für die Aufrechterhaltung und Pflege der wissenschaftlichen Verbindungen zwischen den Gelehrten in beiden deutschen Staaten eingesetzt. So hatte er an der gemeinsamen Berliner Ehrung für *Einstein* aus Anlaß des 50. Jahrestages der Relativitätstheorie (1955) bedeutenden Anteil, und auch die akademischen Feiern zu Ehren von *Plancks* hundertstem Geburtstag, die im April 1958 in beiden Teilen Berlins durchgeführt wurden, wären ohne sein Zutun nicht zustande gekommen. Als einziger westdeutscher Physiker und Nobelpreisträger hat Laue dem Internationalen Symposium über Philosophie und Naturwissenschaft, das im Oktober 1959 in Leipzig anlässlich der 550-Jahr-Feier der Karl-Marx-Universität veranstaltet wurde, einen Beitrag („Erkenntnistheorie und Relativitätstheorie“) übermittelt, und er hatte sich noch im März 1960 entschlossen, sich mit einem Artikel über *Helmholtz* an der Festschrift zur 150-Jahr-Feier der Humboldt-Universität zu Berlin zu beteiligen. Max von Laue gehört zu jenen Naturforschern, denen die Beschäftigung mit der Philosophie ein ursprüngliches wissenschaftliches Lebensbedürfnis ist. Er hat als Student zwar keine philosophischen Vorlesungen gehört, doch hat er sich damals gründlich mit den erkenntnistheoretischen und ethischen Schriften Kants vertraut gemacht, und er war überzeugt, daß er aus diesem Studium von Hauptwerken der klassischen deutschen Philosophie unschätzbaren Gewinn für seine wissenschaftliche Arbeit gezogen habe. Laue hat *Kant* im übrigen durchaus materialistisch interpretiert. Kants Agnostizismus war ihm ebenso wesensfremd, wie ihm die idealistischen Gedankengänge *Machs* unbegreiflich blieben. Wenn Laue den Positivismus auch nicht so offen bekämpft hat wie *Planck*, so hat er als *Plancks* größter Schüler hier doch keine an-

dere Auffassung vertreten als dieser. Auch in der Verteidigung der Allgemeingültigkeit des Kausalprinzips stimmte er mit *Planck* und *Einstein* völlig überein: eine Physik, die „grundsätzlich auf Kausalität verzichtet“, ist – so schrieb er einmal – „überhaupt keine Wissenschaft“.

Am 24. April 1960 ist Max von Laue an den Folgen eines Autounfalls verstorben. Seine Gesinnung und sein politisches Auftreten kennzeichnen den berühmten und in aller Welt geachteten Gelehrten als einen unerschrockenen Kämpfer für Menschenwürde und Frieden; sein wissenschaftliches Werk, das eng und unmittelbar mit der Entwicklung der Physik in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts verbunden ist und diese Entwicklung selbst wesentlich mitbestimmt hat, erweist den großen Forscher als einen der Klassiker in der Weltgeschichte der Naturwissenschaft.

Albert Einstein, einer der größten Physiker der Wissenschaftsgeschichte, stammte aus Ulm, wo sein Vater eine kleine elektrotechnische Werkstätte besaß. In München besuchte er die Volksschule und das Gymnasium. Nach einem kurzen Aufenthalt in Oberitalien, wohin seine Eltern übergesiedelt waren, begab er sich 1895 in die Schweiz. An der Kantonschule in Aarau hat er das Abitur nachgeholt und dann in Zürich Physik studiert. Anschließend war Einstein mehrere Jahre hindurch Angestellter am Patentamt in Bern.

In den Berner Jahren hat Albert Einstein seine ersten und grundlegenden Arbeiten geschrieben, die in den „Annalen der Physik“ erschienen sind. Ausgehend von *Plancks* Quantenhypothese entdeckte er die atomistische Struktur der Strahlung, er entwickelte eine neue Theorie der Lichterzeugung und Lichtabsorption (Lichtquantentheorie), er fand – in seiner Doktor-Dissertation – eine neue Bestimmung der Molekül-Dimensionen und gab zum erstenmal eine befriedigende Erklärung der bereits seit 1827 bekannten *Brownschen* Molekularbewegung. Diese Arbeiten haben zum endgültigen Sieg der Atomtheorie wesentlich beigetragen. Für seine Deutung des lichtelektrischen Effektes wurde Einstein später der Nobelpreis verliehen.

Zur gleichen Zeit schuf Albert Einstein in seiner klassischen Abhandlung „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ (1905) die Grundlagen der Relativitätstheorie, die seinen Weltruhm begründete. Die Aufstellung der (speziellen) Relativitätstheorie ermöglichte die Beseitigung der Schwierigkeiten, in welche die klassische Physik durch die Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Elektrodynamik und Optik geraten war. Darüber hinaus führte die Relativitätstheorie zu neuen Erkenntnissen, so z. B. zum Gesetz von der Äquivalenz von Masse und Energie, das bei der praktischen Ausnutzung der Atomkernenergie grundlegende Bedeutung erlangt hat.

Seit 1909 war Einstein Professor für theoretische Physik in Zürich, dann in Prag und anschließend wieder in Zürich. 1913 wurde er auf Vorschlag von Max *Planck* und *Walther Nernst* zum hauptamtlichen ordentlichen Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften gewählt. Er hat im Frühjahr 1914 seine neue Stellung angetreten und fast zwei Jahrzehnte hindurch als Forscher und Universitätslehrer in Berlin gewirkt.

Etwa seit dem Jahre 1911 hatte sich Einstein mit Fragen der Gravitation beschäftigt. 1915 hat er dann die „allgemeine Relativitätstheorie“ veröffentlicht. Sie erwies sich als eine höchst geniale dialektische „Aufhebung“ der *Newtonschen* Gravitationslehre, die als Grenzfall der Einsteinschen Theorie erscheint. Zugleich haben sich aus ihr Vorhersagen neuer, bis dahin ungeahnter Erscheinungen ergeben. Zu ihnen gehört vor allem die Ablenkung der Lichtstrahlen im Schwerefeld der Sonne. Als diese theoretische Voraussage 1919 durch die Ergebnisse einer englischen Sonnenfinsternis-Expedition praktisch bestätigt wurde, war Einstein mit einem Schlage der berühmteste Physiker der Welt. Mit Recht sagte später Max *Planck*, Einstein sei nicht nur einer unter vielen hervorragenden Physikern, sondern der Physiker, durch dessen Arbeiten die physikalische Erkenntnis in unserem Jahrhundert eine Vertiefung erfahren habe, deren Bedeutung nur an den Leistungen *Johannes Keplers* und *Isaac Newtons* gemessen werden könne.

In seinen letzten Jahrzehnten hat sich der Forscher um die Schaffung einer „einheitlichen Feldtheorie“ bemüht, die als weitere Verallgemeinerung der Relativitätslehre gedacht war und die Erscheinungen des elektromagnetischen Feldes und des Gravitationsfeldes sowie nach Möglichkeit auch der übrigen physikalischen Felder in einem einheitlichen Formelsystem beschreiben sollte. Sein „hauptsächliches Lebenswerk“ hat Einstein selbst wie folgt gekennzeichnet: „Aufstellung der Relativitätstheorie, verbunden mit einer neuen Auffassung von Zeit, Raum und Gravitation, Äquivalenz von Masse und Ener-

gie. Allgemeine Feldtheorie (unvollendet). Beiträge zur Entwicklung der Quantentheorie.“ — Man kann hinzufügen, daß Einstein durch sein physikalisches Werk wesentliche Leitsätze des dialektischen Materialismus bestätigt, erweitert und vertieft hat. Dies gilt insbesondere für die Wechselbeziehung von Raum, Zeit und Materie. Albert Einstein war jedoch nicht nur einer der größten Forscher in der Weltgeschichte der Naturwissenschaft, sondern auch einer der fortschrittlichsten Gelehrten seiner Zeit. So gehörte er zu den wenigen deutschen Wissenschaftlern, die nach dem Ausbruch des imperialistischen ersten Weltkrieges dem chauvinistischen Taumel Widerstand leisteten. Sein Name fehlt bezeichnenderweise unter dem berühmten Aufruf „An die Kulturwelt“, der von 93 deutschen Geistesschaffenden im Oktober 1914 unterzeichnet wurde, aber er steht unter einem Antikriegsmanifest, das Einstein gemeinsam mit zwei Berliner Professoren, dem Physiologen *Nicolai* und dem Astronomen *Foerster*, ausgearbeitet hat. Einstein hat sich auch als einer der ersten dem „Bund Neues Vaterland“ angeschlossen, einer kriegsgegnerischen Vereinigung, zu deren Förderern *Karl Liebknecht* und *Rosa Luxemburg* gehörten und aus der nach dem Krieg die „Deutsche Liga für Menschenrechte“ hervorgegangen ist, die sich besonders um die Verständigung zwischen dem deutschen und dem französischen Volk bemüht hat. Zeitlebens war Einstein ein bedingungsloser Gegner des Krieges, und er stand insbesondere dem preußisch-deutschen Militarismus in unversöhnlicher Feindschaft gegenüber. Seiner fortschrittlichen politischen Einstellung wegen wurde der berühmte deutsche Gelehrte von nationalistisch-antisemitischen Kreisen der Weimarer Republik in widerwärtigster Weise bekämpft. Zu seinen Feinden gehörten auch einige chauvinistische Fachkollegen, die sich in einer Art „Anti-Einstein-Liga“ zusammengeschlossen hatten. Alle politische Anfeindung hinderte Einstein jedoch nicht daran, sich immer wieder für den gesellschaftlichen Fortschritt einzusetzen. So gibt es nicht

wenige Aufrufe und Erklärungen aus den 20er Jahren, die er gemeinsam mit linksbürgerlichen und marxistischen Persönlichkeiten unterzeichnete. Im Jahre 1923 wandte sich Einstein leidenschaftlich gegen den Faschismus in Bulgarien, und er wurde im gleichen Jahr Mitglied der neugegründeten „Gesellschaft der Freunde des neuen Rußland“, einer Organisation, die sich die Schaffung und Festigung freundschaftlicher Beziehungen zwischen dem deutschen und dem sowjetischen Volk zum Ziel gesetzt hatte. Zu Volkskommissar Lunatscharski sagte Einstein einmal, er sehe in der Aufbautätigkeit der Kommunisten im Sowjetland ein „Experiment von gewaltigem Ausmaß“, das unter besonders ungünstigen Verhältnissen durchgeführt werden müsse; sein Erfolg werde deshalb der untrügliche Beweis für die Richtigkeit der Voraussetzungen sein, von denen ausgegangen wurde. In Lenin verehrte Einstein einen Mann, „der seine ganze Kraft unter völliger Aufopferung seiner Person für die Realisierung sozialer Gerechtigkeit eingesetzt hat“; er nannte ihn einen „Hüter und Erneuerer des Gewissens der Menschheit“.

Unter den großen bürgerlichen Naturforschern in der Weimarer Republik stand Einstein in vielen Fragen der revolutionären Arbeiterklasse am nächsten, auch wenn er nicht den entscheidenden Schritt zum wissenschaftlichen Sozialismus zu tun vermochte und nicht frei von bürgerlichen Vorurteilen war. Es kennzeichnet die Wertschätzung, die dem großen Gelehrten von Sozialisten und Kommunisten entgegengebracht wurde, daß er zu Vorträgen an die marxistische Arbeiterschule (MASCH) in Berlin eingeladen wurde und daß Mitglieder der „Roten Studentengruppe“ der Berliner Universität, gegen die im Sommer 1931 im Zusammenhang mit einer Provokation der Nationalsozialisten disziplinarisch vorgegangen wurde, ihn als ihren Verteidiger benannt haben. Mehrmals ist Einstein für revolutionäre Arbeiter, die aus politischen Gründen vor Gericht gestellt wurden, als Entlastungszeuge aufgetreten.

So war es nur folgerichtig, wenn der große Humanist und leidenschaftliche Kriegsgegner nach der Machtergreifung des Hitlerfaschismus aus der Preußischen Akademie der Wissenschaften in politisch-demonstrativer Weise austrat und von einer Auslandsreise nicht mehr nach Deutschland zurückkehrte. Er betrachtete die faschistische Gewaltherrschaft als einen „Rückfall in die Barbarei längst entschwundener Epochen“.

Nach seiner Emigration hat Einstein den Kampf der Gegner des Hitlerfaschismus moralisch und materiell unterstützt. So hat er z. B. für den antifaschistischen „Deutschen Freiheitssender“ Geldmittel zur Verfügung gestellt. Den Verrat des imperialistischen Frankreich am republikanischen Spanien und an der Tschechoslowakei hat er 1938 aufs schärfste verurteilt.

Allerdings fand Einstein in den USA, besonders in seinen letzten Lebensjahren, vieles von dem wieder, was ihn veranlaßt hatte, das Land der braunen Diktatur zu verlassen. Er wandte sich wiederholt gegen den Ungeist des Militarismus, gegen die hysterische Aufrüstung, die politische Gesinnungsschnüffelei und die Verfolgung fortschrittlicher Menschen in den USA. Besonders bemerkenswert ist die Kritik, die er in dem Artikel „Warum Sozialismus?“ (1949) am kapitalistischen Wirtschaftssystem insgesamt geübt hat. Er gab seiner Überzeugung Ausdruck, daß es nur ein einziges Mittel gäbe, um den „schweren Mißständen“ des Kapitalismus abzuhelpen: „die Errichtung einer sozialistischen Wirtschaft mit einer Erziehung, die auf soziale Ziele abgestellt ist“. Einstein ließ keinen Zweifel daran, daß der „überalterte Kapitalismus“ durch eine neue, gerechtere, sozialistische Gesellschaftsordnung abgelöst werden müsse.

Nach dem zweiten Weltkrieg wurde der große Forscher nicht müde, vor dem Mißbrauch der naturwissenschaftlichen und technischen Errungenschaften zu menscheitsfeindlichen Zwecken zu warnen. Immer wieder hat er sich für ein Verbot der Kernwaffen eingesetzt, und er hat aus humanistischer Verantwortlichkeit gefordert, daß

Staaten mit unterschiedlichen Gesellschaftssystemen eine friedliche Koexistenz erstreben. Insbesondere forderte er von der amerikanischen Regierung eine „Verständigung großen Stils“ mit der Sowjetunion. Die Absicht der amerikanischen Militaristen, die Wissenschaft in den Dienst der Kriegsvorbereitung zu stellen, hat Einstein schonungslos gebrandmarkt.

Wenn Albert Einstein auch in den Fragen der Gesellschaftsauffassung weitgehend in idealistischen Vorstellungen befangen blieb und in philosophischer Hinsicht – trotz einer im Grunde materialistischen Naturanschauung – manche irrtümlichen Ansichten vertrat, so war er doch mit seinem leidenschaftlichen Sinn für soziale Gerechtigkeit und soziale Verpflichtung wie mit seinem unversöhnlichen Haß gegen Faschismus und Krieg ein entschiedener Bundesgenosse der kämpfenden Arbeiterklasse und aller fortschrittlichen gesellschaftlichen Kräfte. Durch sein persönliches Beispiel hat der geniale Forscher gezeigt, daß auch der exakte Naturwissenschaftler zu den sozialen und politischen Lebensfragen seiner Zeit Stellung nehmen muß: im Geiste des gesellschaftlichen Aufstiegs der Menschheit und für die Erhaltung und Sicherung des Weltfriedens.

Als Max Planck am 23. April 1858 in Kiel das Licht der Welt erblickte, war das Deutsche Reich Bismarckscher Prägung noch nicht gegründet; als er am 4. Oktober 1947 in einer Göttinger Dachkammer für immer die Augen schloß, war das „tausendjährige Reich“ Hitlers bereits zerschlagen. Als der Siebzehnjährige 1875 in München mit dem Studium der Physik begann, galt das mechanistische Weltbild noch als unerschütterliche Grundlage der Naturwissenschaft; als der Zweiundsiebzigjährige 1930 zum Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften berufen wurde, war das mechanistische Weltbild durch Relativitätstheorie und Quantentheorie in doppelter Hinsicht überwunden.

Sowohl die politische wie die wissenschaftliche Entwicklung haben in Plancks Leben tiefe Spuren hinterlassen. Sein erster Sohn fiel im ersten Weltkrieg; sein zweiter Sohn wurde wegen Teilnahme an der „Verschwörung“ des 20. Juli auf Befehl Hitlers hingerichtet.

Plancks erste Arbeiten, die sich mit grundlegenden Fragen der Thermodynamik befaßten und die erste allgemeingültige Formulierung des Zweiten Hauptsatzes brachten, waren der Zeit voraus und fanden bei den zeitgenössischen Physikern keine Beachtung oder stießen auf Ablehnung. Nicht sehr viel besser erging es zunächst seiner großen theoretischen Entdeckung vom Oktober 1900, dem neuen Strahlungsgesetz, das seinen Namen trägt; die theoretische Begründung, die Planck für dieses Gesetz gab, wurde von den führenden Männern der Physik, insbesondere auch von *Einstein*, heftig kritisiert. Und als schließlich 1925 die Quantenmechanik und bald darauf die Quantentheorie der Felder entstand, hinderten ihn sein vorgeschrittenes Alter und gewisse Inkonssequenzen oder Grenzen seiner Philosophie, diese neuen Theorien als reife Frucht seiner eigenen Pionierarbeit anzuerkennen. So ist denn Plancks Leben trotz aller Er-

folge und Ehrungen von persönlichem Leid durchzogen und von wirklicher Tragik überschattet.

Schon Plancks erster Schritt auf dem Gebiet der theoretischen Physik – seine Münchener Doktordissertation aus dem Jahre 1879 – zeigt einige charakteristische Züge seines physikalischen Denkens. Um die Mitte des Jahrhunderts hatten *W. Thomson* – der spätere Lord *Kelvin* – und *Rudolph Clausius* den Zweiten Hauptsatz der Wärmelehre aufgestellt. Die Aufstellung dieses Hauptsatzes war mit der Einführung einer neuen physikalischen Größe verbunden, die nach dem Vorschlag von *Clausius* Entropie genannt wird. Der physikalische Sinn dieser Größe liegt darin, daß sie für den thermodynamischen Gleichgewichtszustand eines abgeschlossenen Systems ihren maximalen Wert annimmt. Diese Behauptung hat aber nur einen Sinn, wenn die Entropie auch für Nichtgleichgewichtszustände definiert ist. Andererseits erlaubte die mathematische Formulierung des Zweiten Hauptsatzes durch *Clausius* jedoch nicht, die Entropie eines Nichtgleichgewichtszustandes zu berechnen. Die Theorie gab auch keinerlei Möglichkeit, die Entropie eines Nichtgleichgewichtszustandes experimentell zu bestimmen. Durch die Beschränkung auf Gleichgewichtszustände und die zwischen ihnen vermittelnden sogenannten reversiblen Prozesse war aber nach Plancks Meinung der eigentliche Sinn des Zweiten Hauptsatzes nur ganz unzureichend erfaßt. Planck stellte sich daher auf den Standpunkt, daß die Entropie eines Systems in jedem Falle eine wohldefinierte Zustandsgröße sei, auch wenn man sie nach der vorliegenden Theorie nicht in allen Fällen berechnen oder messen könne. Dies ermöglichte ihm, eine allgemeingültige und exakte Formulierung des Zweiten Hauptsatzes zu geben, die durch die weitere Entwicklung, insbesondere auch durch die statistische Deutung der Thermodynamik, vollauf bestätigt worden ist.

Die von Planck hier vollzogene Verallgemeinerung des Entropiebegriffes, d. h. sein Postulat von der Existenz

einer Entropie auch für Nichtgleichgewichtszustände, ist ein Beispiel für die schöpferische wissenschaftliche Abstraktion, die zwar an experimentelle Sachverhalte anknüpft, aber zugleich über sie hinausgeht. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn Planck ein bitteres Gefühl der Enttäuschung überkam, als er feststellen mußte, daß die älteren Kollegen dieser Arbeit keinerlei Anerkennung zollten. „*Kirchhoff* lehnte ihren Inhalt ausdrücklich ab mit der Bemerkung, daß der Begriff der Entropie, deren Größe nur durch einen reversiblen Prozeß meßbar und daher auch definierbar sei, nicht auf irreversible Prozesse angewendet werden dürfe.“ Soweit Plancks eigene Worte. An dem von *Kirchhoff* vorgebrachten Einwand erlebte Planck zum ersten Mal die Engstirnigkeit jener Richtung in der Physik, welche die Aufgabe der theoretischen Physik in einer bloßen zusammenfassenden Beschreibung experimenteller Tatsachen sieht.

Als Max Planck seine wissenschaftliche Laufbahn begann, galten nicht nur die Fundamente der damaligen Theorie als unerschütterlich, sondern die Theorie selbst galt teils als a priori gültig (wie die *Newtonsche* Raum-Zeit-Lehre), teils als eine bloße zusammenfassende Darstellung oder Beschreibung der beobachteten Gesetzmäßigkeiten. Wenn aber die Theorie nicht mehr enthält, als die Experimente und Beobachtungen besagen, so kann man ihr nur eine zweitrangige Bedeutung zuschreiben, etwa als denkökonomische Zusammenfassung der Erfahrungen, wie dies Ernst *Mach* tatsächlich vorgeschlagen hat. Damit aber wird die Theorie ihres schöpferischen Charakters und ihrer produktiven Funktion als Leitstern der experimentellen Forschung beraubt.

Es gehört nun zu den größten Verdiensten Max Plancks, die theoretische Forschung in ihre Rechte eingesetzt und ihr den gebührenden Platz innerhalb der Gesamtwissenschaft zugewiesen zu haben. Durch seine eigenen Erfahrungen mit der theoriefeindlichen Haltung vieler seiner Kollegen eher angespornt als entmutigt und durch seinen

weitblickenden Lehrer, den großen *Helmholtz*, in einer kritischen Periode seines Lebens gleichfalls zur Theorie ermutigt, wurde Planck zum unermüdlichen Verkünder einer Wissenschaftslehre, die den Erfordernissen der Zeit entsprach und daher auch, ohne daß er selbst sich dessen bewußt wurde, viele Berührungspunkte mit dem dialektischen Materialismus aufweist.

Das Kernstück der Planckschen Erkenntnislehre ist die Unterscheidung von drei Welten: der *objektiven Welt*, die unabhängig von unserem Denken existiert, der *Welt der physikalischen Begriffe und Gesetze*, die eine Art geistigen Abbilds jener Welt ist, und der *Welt der Sinnesindrücke*, die zwischen jenen beiden Welten vermittelt. Die Existenz der objektiven Welt lasse sich zwar nicht verstandesmäßig beweisen, sei aber die Voraussetzung aller wissenschaftlichen Tätigkeit. Sie folge zudem zwar nicht mit logischer, aber mit praktischer Notwendigkeit aus der tatsächlichen Geschichte der Wissenschaft. Letztere zeige nämlich, daß die Entwicklung der Wissenschaft in einer ganz bestimmten Richtung vorwärtsgehe; diese Richtung lasse sich dadurch kennzeichnen, daß das physikalische Weltbild sich in seinen Grundbegriffen immer weiter von der Sinnenwelt entfernt — also genau die umgekehrte Entwicklungstendenz aufweist, die es nach der Lehre der Positivisten und Phänomenologen zeigen müßte. Zugleich mit der Entwicklung des physikalischen Weltbildes lernen wir aber auch unsere Sinnenwelt immer besser verstehen und beherrschen. Wenn man für diese scheinbar paradoxe Erscheinung eine vernünftige Erklärung suche, so liege diese eben darin, daß die fortschreitende Abkehr des physikalischen Weltbildes von der Sinnenwelt nichts anderes bedeute als eine fortschreitende Annäherung an die reale Welt.

In den entscheidenden Punkten seiner Erkenntnislehre steht also Planck unzweifelhaft auf dem Boden des dialektischen Materialismus, wenn auch seine Terminologie und Argumentation manche taktischen Zugeständnisse an den Positivismus enthält.

Besonders schön und klar kommt Plancks materialistische Grundeinstellung dort zum Ausdruck, wo er über die Naturkonstanten spricht: er nennt sie „direkte Boten aus der realen Welt“.

Diese Auffassung ermöglichte es Planck, als einer der ersten den physikalischen Sinn von *Einsteins* Spezieller Relativitätstheorie richtig zu verstehen. Während *Einstein* selbst und die meisten seiner Anhänger und Nachfolger die Relativierung des Gleichzeitigkeitsbegriffes und anderer physikalischer Begriffe betonten, betont Planck, daß die Relativitätstheorie im Gegensatz zur *Newtonschen* Physik eine absolute Geschwindigkeit kenne, nämlich die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, so daß man ebensogut oder noch besser von einer Absoluttheorie sprechen könne. Der Plancksche Standpunkt entspricht den modernen Begründungen der Speziellen Relativitätstheorie weit besser als die von *Einstein* selbst gegebene Begründung seiner Theorie.

Während also Max Planck die Bedeutung der universellen Naturkonstante  $c$  (Lichtgeschwindigkeit im Vakuum und Maximalgeschwindigkeit aller Wirkungsausbreitung) als „Bote aus der realen Welt“ sogleich richtig erkannte, wollte ihm dies bei dem von ihm selbst entdeckten Wirkungsquantum, der zweiten universellen Naturkonstante der heutigen Physik, lange nicht gelingen.

Planck hatte diese Konstante bereits entdeckt und numerisch berechnet, bevor er seine Quantentheorie der Strahlung aufstellte. Die Plancksche Konstante  $h$  (Wirkungsquantum) kommt nämlich – wenn auch unter anderer Bezeichnung – schon in dem von Max *Wien* 1896 aufgestellten Strahlungsgesetz vor, und aus den inzwischen durchgeführten Strahlungsmessungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt konnte Planck den Wert dieser Konstante recht genau bestimmen. Tatsächlich glaubte Planck an die Richtigkeit und sogar theoretische Notwendigkeit der *Wienschen* Strahlungsformel, bis genaue Messungen von *Lummer* und *Pringsheim* und vor allem von *Rubens* und *Kurlbaum* ihn eines Besseren belehrten.

Bedenkt man, daß diese Messungen letztlich einem technischen Problem galten — der Schaffung einer Lichtquelle von maximaler Lichtausbeute —, so findet man jenes bekannte Wort von Friedrich *Engels* bestätigt, wonach ein einziges gesellschaftlich-technisches Bedürfnis oft mehr für die Wissenschaft bedeutet als eine ganze Sammlung professoraler Abhandlungen.

Doch zurück zum Wirkungsquantum. Nach der ersten Theorie von Planck aus dem Jahre 1900 erfolgt sowohl die Emission wie die Absorption der Strahlung in Energiequanten von der Größe  $hf$ , wobei  $f$  die Frequenz bedeutet. Planck bemühte sich damals vergeblich, in der Konstante  $h$  einen allgemeinen Sinn zu finden, durch den diese Konstante zur universellen Naturkonstante aufgerückt wäre. Er versuchte daher zeitweilig (1911–1914), ganz ohne die Idee der quantenhaften Absorption und Emission auszukommen, mußte jedoch das Irrtümliche dieser Idee bald erkennen. Inzwischen hatte die Idee der Lichtquanten durch *Einsteins* Erklärung des photoelektrischen Effektes (1905) und *Bohrs* Quantentheorie des Wasserstoffatoms (1913) längst festen Fuß gefaßt. Schließlich gelang es *Sommerfeld* (1914), für die neue Naturkonstante  $h$  einen Platz im mathematischen Schema der klassischen Mechanik zu finden; es entstand die sogenannte klassische Quantentheorie. In ihr kam der Planckschen Konstanten jedoch eine Bedeutung nur für periodische Bewegungen zu. Zur universellen Naturkonstanten avancierte das Plancksche Wirkungsquantum erst durch die *Heisenberg-Born-Diracsche* Quantenmechanik und die spätere Quantentheorie der Felder. An dieser Entwicklung hat Planck nicht mehr teilgenommen und sie sogar mit großem Unbehagen verfolgt. Der Grund für dieses Unbehagen liegt z. T. in der positivistischen Mißdeutung, mit der die neue Theorie von ihren Schöpfern präsentiert wurde. Zugleich läßt sich nicht leugnen, daß gewisse metaphysische Reste im philosophischen Weltbild Planck daran hinderten, den rationalen materia-

listisch-dialektischen Kern der neuen Theorien zu erkennen.

Trotz dieser Grenzen, die letztlich auf eine klassen-gebundene Tradition zurückgehen, gehört Planck zu den großen fortschrittlichen Denkern, auf deren Erbe wir mit Recht stolz sind.

## NAMENVERZEICHNIS

der im Buch aufgeführten Naturwissenschaftler und Philosophen. Die halbfett gedruckten Seitenzahlen verweisen auf ausführliche Abschnitte über die jeweils genannten Naturwissenschaftler.

- Abbe** 101  
**Abderhalden** 109  
**Agricola** 15  
**Ampère** 48  
**Archimedes** 39  
**Arrhenius** 112, 118
- Bacon** 20  
**Baeyer** 107  
**Behaim** 9  
**Berliner** 138  
**Bernecker** 13  
**Berthelot** 119  
**Berzelius** 55, 61, 62, 63, 64, 72, 113  
**Bessel** 53, 54  
**Bodenstein** 119  
**Bohr** 129, 152  
**Bolyai** 42  
**Bonhoeffer** 119  
**Bonpland** 33  
**Born** 152  
**Boyle** 112  
**Brahe** 23  
**Brown** 68, 141  
**Bruno** 21  
**Buch** 61  
**Bunsen** 71, 89, 112
- Clausius** 148  
**Coulomb** 124  
**Crookes** 75
- Dally** 132  
**Dalton** 55  
**Darwin** 95, 97  
**Dohrn** 99  
**Davy** 113  
**Deville** 62  
**Diels** 109
- Dirac** 152  
**Dittmar** 89  
**Dumas** 62
- Edison** 132  
**Eggert** 119  
**Ehrenberg** 35  
**Einstein** 40, 107, 118, 122, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 147, 151, 152  
**Engels** 19, 69, 75, 83, 90, 152  
**Ettinghausen, von** 118  
**Eucken** 119  
**Euklid** 39
- Faraday** 48, 112, 125  
**Fischer, Emil** 72, 107  
**Fischer, Franz** 109  
**Foerster** 143  
**Forster** 32  
**Fourcroy** 56  
**Fraunhofer, von** 50, 103  
**Friedrich** 133, 135
- Galilei** 21, 24, 26, 27, 28, 29  
**Gauß** 38, 45, 46, 47  
**Gay-Lussac** 56, 57, 61  
**Gegenbaur** 96  
**Gibbs** 119  
**Gilbert** 31  
**Gmelin** 61, 71  
**Goethe** 20, 33  
**Griesinger** 81  
**Guericke, von** 27  
**Günther** 119
- Haber** 138  
**Haeckel** 95, 116  
**Hahn** 109, 135  
**Hallwachs** 129

Heisenberg 152  
Helferich 109  
Helmholtz, von 72, 80, 82, 83,  
84, 103, 119, 123, 125, 135,  
139, 150  
Herschel 53  
Hertwig 99  
Hertz 123, 136  
Hilbert 135  
Hoff, van 't 109, 112, 114, 118  
Hofmann, von 72, 107  
Hooke 66  
Horstmann 72  
Humboldt, Alexander von 32,  
41, 44, 45, 46, 86, 95  
  
Jolly 80  
Jost 119

Kant 87, 139  
Kekulé 72, 92, 107  
Kelvin s. Thomson  
Kepler 21, 28, 142  
Kirchhoff 71, 72, 73, 74, 75,  
123, 149  
Knipping 133, 135  
Kohlrausch 118, 131  
Kölliker, von 96, 131  
Kopernikus 26  
Kopp 89, 91  
Kükenthal 99  
Kundt 130  
Kurlbaum 151

Ladenburg 89  
Landolt 119  
Lang 99  
Laue, von 133, 135  
Lavoisier 55, 56, 78  
Lenard 129  
Lenin 87, 115  
Leydig 96  
Liebig, von 55, 61, 63, 64, 73,  
76, 81, 113  
Liebknecht 117, 143  
Lobatschewski 42  
Lomonossow 15

Lummer 151  
Luxemburg 143

Mach 139, 149  
Maestlin 21  
Marggraf 108  
Marx 90  
Maxwell 48, 125, 126, 127, 128  
Mayer, Julius Robert 77, 85  
Meyen, von 66  
Meyer, Lothar 72, 93  
Meyer, Victor 70  
Miklucho-Maclay, von 99  
Minkowski 40  
Mohl 67  
Monge 56  
Müller, Johannes 96

Nernst 107, 110, 118, 137, 142  
Newton 15, 26, 27, 84, 124, 142,  
149, 151  
Nicol 128  
Nicolai 143  
Nobili 48  
Noddack 119  
Nörrenberg 80

Oersted 48, 62  
Ohm 48  
Ostwald 72, 73, 74, 110, 112,  
118

Peurbach 10  
Planck 79, 107, 120, 135, 139,  
141, 142, 147  
Poggendorff 80  
Pringsheim 151

Regiomontan 10  
Reich 75  
Richter 75  
Riemann 40  
Ries 9  
Röntgen 130, 135, 138  
Roscoe 72, 74, 75, 76, 91  
Rose 35

Rubens 137, 151	Stromeyer 71
Rudloff 13	Struve 54
Ruff 109	
Rutherford 129	Thomson 148
	Torricelli 29
Sauerbruch 133	Tyndall 83
Schäfer 102	
Schleiden 65, 95	Vauquelin 56
Schomburgk 95	Virchow 96
Schorlemmer 89	Volhard 108
Schott 104	
Schwann 68, 69	Walther, Johannes 99
Schweigger 48	Wartenberg, von 119
Seebeck 48	Weber, Wilhelm 39, 41, 44
Seehofer 13	Werner 19
Simon 119	Wien 151
Snell 102, 103	Will 89
Sommerfeld 152	Wöhler 58, 61, 68, 71, 73, 92, 113
Stahl 55	
Stark 138	Zeiss 102, 103, 105
Stifel 12	
Stock 109	

## VERZEICHNIS DER BILDQUELLEN

Bildarchiv des Verlages Enzyklopädie Leipzig: Wöhler  
 Karl-Sudhoff-Institut für Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften der Karl-Marx-Universität, Leipzig: Bunsen, Fischer, Fraunhofer, Haeckel, Helmholtz, Hertz, Ostwald, Planck, Röntgen  
 Zentralbild, Berlin: Agricola, Gauß, Guericke, Kepler, Mayer, Schleiden  
 Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft. 25. Jahrg. Berlin 1892: Schorlemmer  
 „Forschen und Wirken“, Bd. 1. Festschrift zur 150-Jahrfeier der Humboldt-Universität. Berlin, 1960: Einstein, Humboldt, Laue, Nernst  
 Adam Ries „Rechnung nach der lenge“. Ausgabe 1611. Titelholzschnitt: Ries  
 Moritz von Rohr, „Ernst Abbe“. Jena. 1940: Abbe  
 Jakob Volhard, „Justus von Liebig“. Bd. II. Leipzig, 1909: Liebig  
 Heinrich Weber, „Wilhelm Weber — eine Lebensskizze“. Breslau, 1893: Weber