

BIOGRAPHIEN BEDEUTENDER CHEMIKER

KARL HEINIG

Biographien bedeutender Chemiker

Eine Sammlung von Biographien

Von einem Autorenkollektiv, herausgegeben von Dr. Karl Heinig

4. Auflage



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

1977

Die Manuskripte für dieses Buch verfaßten:

Dr. Günter Fuchs

(Doebereiner, Meyer, Mendelejew, Ostwald, van't Hoff, M. und P. Curie,
I. und F. Joliot-Curie)

Dr. Karl Heinig

(Einleitung, Avogadro, Mitscherlich, Berthelot, Butlerow, Schorlemmer, Le Chatelier,
Semjonow, Kossel/Lewis, Solvay, Haber/Bosch, Fischer/Tropsch, Personenregister)

Gustl Kertscher

(Staudinger)

Prof. Dr. Eva-Maria Kirmse

(Ussanowitsch/Brönsted)

Adolf Neuhäuser

(Faraday, Berzelius, Liebig, Selinski, Bunsen, Winkler/Knietsch)

Dr. Gisbert Röhler

(Gay-Lussac, Arrhenius)

Dr. Gerhard Stehr

(Rutherford, Bohr, Pauling)

Dr. Irene Strube

(Paracelsus, Boyle, Stahl, Lomonossow, Scheele, Priestley, Cavendish, Lavoisier, Proust,
Dalton, Leblanc)

Dr. Fritz Welsch

(Wöhler, Sinin, Runge, Kekulé, Hofmann, E. Fischer)

4., ergänzte und bearbeitete Auflage

Die 1. Auflage erschien unter der Titelnummer 03 25 29.

Lizenz-Nr. 203 · 1000/76 (DN 03 25 01-3)

LSV 1208

Redaktion: Wolfgang Eisenhuth, Edward Gutmacher, Klaus Sommer

Typografische Gestaltung: Atelier VWV

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: INTERDRUCK, Graphischer Großbetrieb Leipzig (III-18-97)

Schrift: Didot

Redaktionsschluß: 15. November 1976

Bestell-Nr. 705 145 4

DDR 14,— M

Inhalt

7 Vorwort

9 Einführung

Stabilisierung der chemischen Wissenschaft

37 Paracelsus

41 Robert Boyle

47 Georg Ernst Stahl

51 Michail Wassiljewitsch Lomonossow

57 Carl Wilhelm Scheele

61 Joseph Priestley

64 Henry Cavendish

67 Antoine Laurent Lavoisier

Chemische Gesetzmäßigkeiten

73 Joseph Louis Proust

76 John Dalton

81 Joseph Gay-Lussac

85 Amadeo Avogadro

90 Michael Faraday

Systematisierung der Elemente

95 Jöns Jakob Berzelius

100 Johann Wolfgang Doeberciner

105 Eilhard Mitscherlich

110 Lothar Meyer

114 Dmitri Iwanowitsch Mendelejew

Organische Chemie

121 Friedrich Wöhler

127 Justus von Liebig

133 Nikolai Nikolajewitsch Sinin

136 Friedlieb Ferdinand Runge

142 Marcellin Berthelot

- 147 August Kekulé
153 Alexander Michailowitsch Butlerow
158 Carl Schorlemmer
163 August Wilhelm Hofmann
169 Emil Fischer
176 Nikolai Dmitrijewitsch Selinski
182 Hermann Staudinger

Physikalische Chemie

- 189 Robert Wilhelm Bunsen
193 Henry Le Chatelier
198 Wilhelm Friedrich Ostwald
204 Svante Arrhenius
210 Jacobus Henricus van't Hoff
217 Johann Nicolaus Brönsted · Michail Iljitsch Ussanowitsch
223 Nikolai Nikolajewitsch Semjonow

Struktur der Stoffe

- 229 Maria Skłodowska-Curie · Pierre Curie
237 Irene Joliot-Curie · Frédéric Joliot-Curie
243 Ernest Rutherford
249 Niels Bohr
254 Walter Kossel · Gilbert Newton Lewis
261 Linus Pauling

Chemie und Industrie

- 266 Nicolas Leblanc · Ernest Solvay
274 Clemens Winkler · Rudolf Knietsch
282 Fritz Haber · Carl Bosch
293 Franz Fischer · Hans Tropsch

- 299 Literatur
303 Personenverzeichnis

Vorwort

In den vorliegenden Band wurden kurzgefaßte Biographien von Chemikern aus den Anfängen der Chemie bis ins 20. Jahrhundert aufgenommen, wobei die Erfordernisse des Chemieunterrichts unserer allgemeinbildenden polytechnischen Oberschulen die Auswahl weitgehend bestimmten. Die Biographien sind nach Sachgebieten geordnet und verschaffen Einblicke in das Leben und die wissenschaftlichen Leistungen der behandelten Persönlichkeiten. In einer der Kurzbiographie angemessenen Weise werden Bezüge zur historischen Situation, zur chemischen Produktion und zur Philosophie berücksichtigt. Durch Anordnung der einzelnen Biographien kann der Leser die historische Entwicklung der Chemie erkennen. Das Buch erhebt aber nicht den Anspruch auf eine geschlossene historische Darstellung.

Die Leistungen bedeutender Wissenschaftler früherer Epochen werden danach beurteilt, in welchem Umfang sie dazu beigetragen haben, die Erkenntnisse und Erfahrungen von Natur und Gesellschaft zu bereichern. Dieses Erbe zu wahren und zu nutzen ist ein erstrangiges Anliegen unserer sozialistischen Gesellschaft. In der DDR werden alle guten und progressiven Traditionen der Wissenschaft bewahrt und fortgesetzt. Die Beschäftigung mit der Geschichte der Wissenschaft, die Aneignung und Einbeziehung des Erbes in das lebendige Leben gibt uns die Möglichkeit, aus den Ergebnissen vorangegangener Zeiten für unsere Gegenwart zu lernen, um die Zukunft meistern zu können.

Das Hauptanliegen dieses Buches liegt darin, die Chemielehrer bei der Vorbereitung des Unterrichts zu unterstützen. Das gilt besonders für die unterrichtliche Behandlung bedeutender Chemiker und von Stoffgebieten mit chemiehistorischem Bildungsgut, u. a. auch für die weltanschauliche Bildung und Erziehung im Zusammenhang mit der Vermittlung des fachlichen Wissens und für Verbindungen zum Geschichtsunterricht. Auf methodische Hinweise wurde jedoch verzichtet, so daß es dem Lehrer zufällt, bei den Unterrichtsvorbereitungen das bereitgestellte Material unter den Aspekten der jeweiligen Thematik und pädagogischen Situation des Unterrichts methodisch zu verarbeiten und dann sinnvoll einzusetzen. Das Buch wird aber auch Studenten und Interessenten an der Geschichte der Chemie helfen, einen Überblick über das Leben und das wissenschaftliche Werk bedeutender Chemiker zu erhalten.

Die vorliegende 4. Auflage des Buches wurde in den einleitenden Abschnitten überarbeitet und dabei die Entwicklung der Chemie und der chemischen Industrie in der DDR bis 1976 berücksichtigt.

An der Entwicklung des Buches hatten neben den Autoren Fachwissenschaftler, Historiker und Philosophen als Berater und Gutachter Anteil, denen allen an dieser Stelle gedankt werden soll. Besonderer Dank für die Bemühungen und zahlreichen

wertvollen Hinweise gebührt den Herren Dr. H. Bara, Prof. Dr. R. Berthold, Dr. J. Cermak, Dr. W. N. Dawydoff, Dr. E. Fabian, Prof. Dr. W. Haberditzl, Prof. Dr. H. Howorka, Prof. Dr. A. Kauffeldt, Prof. Dr. L. Kolditz, Dr. H. Laitko, Dipl.-Gewi. W. Preuß, Prof. Dr. H. Seeboth, Prof. Dr. R. Sonnemann und Prof. Dr. D. Wittich.

Herausgeber und Redaktion

Einführung

Wie kaum eine andere Wissenschaft hat die Chemie in den letzten Jahrhunderten an Umfang und Bedeutung zugenommen. Chemiker wie *Liebig*, *Wöhler*, *Bunsen* und *Kekulé* haben diese Entwicklung maßgeblich mitbestimmt. Die praktische Nutzung ihrer Forschungsarbeiten hat das Leben der Menschen tiefgreifend verändert. In diesem Zusammenhang gewinnen heute die Geschichte der Chemie und das Leben und Wirken großer Chemiker an Interesse.

Leben und Werk bedeutender Chemiker sind entscheidend beeinflußt durch die sozialökonomischen Verhältnisse, die politischen Auseinandersetzungen, den Entwicklungsstand von Wirtschaft, Wissenschaft und Kultur. In der bürgerlichen Wissenschaftsgeschichtsschreibung wurden statt dessen oft subjektive Momente für die Einschätzung und das Wirken der Persönlichkeit betont in den Vordergrund gerückt, wie sie *P. Walden* in seiner „Geschichte der organischen Chemie“ nennt, zum Beispiel „ein tiefer Geist, Gelehrsamkeit, Fleiß, Geduld ... und ... Geld“ [1; S. 910].

Die Darstellung von Leben und Werk einzelner Persönlichkeiten im Rahmen ihrer gesellschaftlichen Umwelt entspricht der Feststellung der Klassiker des Marxismus-Leninismus, daß es die gesellschaftlichen Verhältnisse und Bedürfnisse waren, die Naturwissenschaft und Technik förderten und auch die Chemie zur Wissenschaft werden ließen, denn „die ‚reine‘ Naturwissenschaft erhält ja ihren Zweck sowohl wie ihre Mittel erst durch Handel und Industrie, durch die sinnvolle Tätigkeit der Menschen“ [2; S. 42].

Naturwissenschaft und Produktion

Die Beziehungen zwischen Wissenschaft und der Entwicklung der Produktion sind wechselseitig.

Besonders im vergangenen Jahrhundert schufen Chemiker und andere Naturwissenschaftler Voraussetzungen, die die Produktion förderten und neue Produktionszweige entstehen ließen. Der zunehmende industrielle Fortschritt stellte der Wissenschaft neue Aufgaben. Weil gerade im 19. Jahrhundert diese Wechselbeziehungen unter-

schätzt wurden, wies *Engels* in seinem Brief an *Starkenburg* besonders auf diese Beziehungen hin. „Wenn die Technik . . . vom Stande der Wissenschaft abhängig ist, so noch weit mehr diese vom Stand und den Bedürfnissen der Technik. Hat die Gesellschaft ein technisches Bedürfnis, so hilft das der Wissenschaft mehr voran als zehn Universitäten“ [3; S. 474].

Keine wissenschaftliche Leistung geht also unabhängig von der Umwelt vor sich. Unter der *Marxschen* Formulierung der wissenschaftlichen Arbeit als allgemeine Arbeit ist in diesem Zusammenhang zu verstehen, daß kein Wissenschaftler ohne die bis zu seinem Wirken gesammelten Erkenntnisse, die er schöpferisch verarbeitet und die Tätigkeit seiner Zeitgenossen seine Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaft leisten kann. Zu den Vorläufern und Zeitgenossen des hervorragenden Wissenschaftlers zählen so nicht nur die Erfinder und die Gelehrten, sondern auch alle werktätigen Menschen, die mittelbar oder unmittelbar an den großen Leistungen Anteil haben. Jeder wissenschaftliche Erfolg resultiert also einmal aus der kollektiven Arbeit der menschlichen Gesellschaft, zum anderen jedoch sind Fähigkeiten und Leistungen des einzelnen der menschlichen Gesellschaft entscheidend für den wissenschaftlichen Fortschritt.

Der kollektive Charakter der Wissenschaft hat sich durch die immer stärker sich entwickelnden Produktivkräfte herausgebildet. In der Geschichte der Chemie wird das in den letzten 150 Jahren besonders deutlich. Mit den großen Entdeckungen des 19. Jahrhunderts, zu denen unter anderem die organischen Synthesen, die Entwicklung der Thermodynamik, die Reaktionskinetik und die Katalyse gehören, leisteten die Wissenschaftler bedeutende theoretische Vorarbeiten für neue Bereiche der Forschung und Produktion.

Die gezielte Nutzung der Wissenschaft als Produktivkraft begann mit der Entwicklung der modernen Industrieproduktion. Es war die Epoche, in der sich der Übergang von der zufälligen zur zielstrebigen und systematischen Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der materiellen Produktion vollzogen hat. In dieser Zeit war es jedoch nur die Klasse der Kapitalisten, die über die Auswertung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in der Produktion verfügen konnte, die sich die

Ergebnisse der kollektiven Arbeit der Gesellschaft aneignete und sie benutzte, um in erster Linie ihre Profite zu steigern. In diesem Sinne war sie an einer Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik interessiert. Je mehr im Kapitalismus technisch-wissenschaftliche Errungenschaften in die Produktion eingeführt wurden, um so stärker wurde die Ausbeutung der Werktätigen, um so stärker wurden aber auch die Widersprüche im Kapitalismus.

Der monopolistische Kapitalismus entwickelte sich in einer Zeit, in der die Produktion eine wissenschaftliche Durchdringung erforderte. Es zeigte sich, daß der Kapitalismus in diesem Stadium die Wissenschaft im Hinblick auf seine Profit- und Expansionsbestrebungen zu organisieren bestrebt war und wissenschaftliche Leistungen, die ihm keinen Gewinn versprachen, zu verzögern verstand oder gar unmöglich machte. Unter solchen Bedingungen mußte der Wissenschaftler gesellschaftlich aktiv werden, er mußte sich einsetzen, daß seine Forschungsergebnisse und deren praktische Anwendung vor Mißbrauch bewahrt wurden.

In den vergangenen fünf Jahrzehnten, in denen das sozialistische Lager in der Welt entstand und der Imperialismus immer aggressiver wurde, hat sich die gesellschaftliche Verantwortung des Wissenschaftlers noch erhöht.

Ein Chemiker, der in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts lebt, kann sich nur dann richtig orientieren, „wenn er sowohl die Gesetze der gesellschaftlichen Entwicklung wie die chemischen Formeln kennt“ [4; S. 59].

Aus der Kenntnis der Beziehungen zwischen Naturwissenschaften und industriellem Fortschritt in der kapitalistischen Gesellschaft, aus dem gesellschaftlichen Leben der Chemiker früherer Zeiten und auch der jüngsten Zeit unter kapitalistischen Verhältnissen läßt sich erst richtig die neue Rolle der Naturwissenschaften und ihrer Vertreter in unserer sozialistischen Gesellschaft erkennen und einschätzen. Dem Mißbrauch der Wissenschaft und der Ausbeutung der Wissenschaftler im Kapitalismus steht heute die sozialistische Gesellschaft gegenüber, in der die Wissenschaft zum Wohle aller gefördert wird.

Naturwissenschaft und Philosophie

Die Naturwissenschaften haben die Entwicklung des menschlichen Denkens maßgeblich beeinflußt. Neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse waren seit je mit dem Kampf der materialistischen Weltanschauung gegen den Idealismus verbunden. Die Chemie trug bereits im 17. und 18. Jahrhundert mit dazu bei, mystizistische Auffassungen und religiösen Dogmatismus wissenschaftlich zu widerlegen und die naturwissenschaftlichen Grundlagen für den Materialismus zu schaffen. Sie hatte Anteil an der Überwindung der metaphysischen Betrachtungsweise der Natur und lieferte naturwissenschaftliche Erkenntnisse, die die Ausarbeitung des dialektischen Materialismus durch *Karl Marx* und *Friedrich Engels* förderten. Es ist dann die marxistische Philosophie, die Standort und Rolle der Wissenschaften in der Gesellschaft klärte, ihre Bedeutung als Produktivkraft untersuchte und ein wissenschaftliches Weltbild entwickelte.

Den meisten Chemikern ist jedoch die progressive Rolle naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für die Entwicklung einer wissenschaftlich-materialistischen Weltanschauung nicht bewußt geworden. In der Methodik der Forschungsarbeit verhielten sich Naturforscher, vor allem die Chemiker, meist spontan materialistisch und dialektisch. Daher war es ihnen auch möglich, trotz ihrer idealistischen Grundhaltung bedeutende wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen.

Als die Klassiker des Marxismus-Leninismus die theoretischen Grundlagen für den Kampf der Arbeiterklasse um ihre Befreiung ausarbeiteten, studierten sie die Entwicklung der Naturwissenschaften aufmerksam. In der marxistischen Philosophie nehmen drei große Entdeckungen der Naturwissenschaften des 19. Jahrhunderts, die Entdeckung der Zellstruktur der organischen Welt durch *Schleiden* und *Schwann*, das Gesetz von der Erhaltung der Energie durch *J. R. Mayer* und die *Darwinsche Evolutionstheorie* als naturwissenschaftliche Grundlagen einen hervorragenden Platz ein.

Marx und *Engels* studierten besonders eingehend die Entwicklung der Chemie und benutzten deren Erkenntnisse zur Ausarbeitung der ökonomischen und philosophischen Grundlage der Weltanschauung der Arbeiterklasse. In ihren Auseinandersetzungen mit unwissenschaftlichen Auffassungen wiesen *Marx* und *Engels*

den dialektisch-materialistischen Charakter des Naturgeschehens umfassend nach. Sie bewiesen nicht nur, daß die Naturwissenschaften der materialistischen Philosophie wichtige Argumente lieferten, sie klärten auch, daß Naturwissenschaften und dabei vor allem die im 19. Jahrhundert sich entwickelnde Chemie wichtige Bildungselemente vermitteln, umfassende Kenntnisse in diesen Fächern für die Beherrschung der Produktionsmittel nötig sind, und schufen so vom Standpunkt des dialektischen und historischen Materialismus eine Darstellung der Rolle und der Bedeutung der Wissenschaften für den Fortschritt der menschlichen Gesellschaft und den endgültigen Sieg des Sozialismus.

Bereits in den Frühschriften, vor allem aber im Kommunistischen Manifest, haben *Marx* und *Engels* die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Produktion, die Stellung des Wissenschaftlers in der Gesellschaft gezeigt. In den ökonomischen Werken, vor allem im „Kapital“ hat Marx sich eingehend mit der Bedeutung der Chemie, der Agrikulturchemie und der Technologie beschäftigt; und nicht zuletzt in so wichtigen Arbeiten wie „Anti-Dühring“, „Dialektik der Natur“ und „Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie“ hat sich *Engels* nach dem Tod von *Marx* mit Problemen der Naturwissenschaften und der Chemie beschäftigt.

Die theoretische Physik, die Chemie und die Biologie sind seit je ein Feld härtester Auseinandersetzungen zwischen Materialismus und Idealismus. Die Weltanschauung der Arbeiterbewegung ist unter den Bedingungen der stürmischen Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik entstanden. *Marx* und *Engels* haben bewußt die kommunistische Weltanschauung nach der Seite der Naturwissenschaften ausgebaut.

Engels kritisierte die Anschauungen von *Büchner*, *Vogt* und *Moleschott* wegen deren „Anmaßung, die Naturtheorie auf die Gesellschaft anzuwenden und den Sozialismus zu reformieren“ [5. S. 215], und *Lenin* studierte eingehend die Geschichte der Naturwissenschaften, die Entwicklung und den Stand der Chemie, Physik und Biologie, um die philosophischen Ansichten von *Mach*, *Ostwald* u. a. zu widerlegen, die Eingang in die Arbeiterbewegung gefunden hatten und zum geistigen Rüstzeug bestimm-

ter Revisionisten wurden. Er forderte: „Die Fortführung des Werkes von *Hegel* und *Marx* muß in der dialektischen Bearbeitung der Geschichte des menschlichen Denkens, der Wissenschaft und der Technik bestehen . . .“ [6; S. 64].

Zur Geschichte der Chemie

Die Geschichte der Chemie umfaßt einen Zeitraum von fast fünftausend Jahren. Diese gewaltige Zeitspanne zu überblicken macht es notwendig, bestimmte Perioden vorauszusetzen, die gesamte Geschichte also zu periodisieren. Bereits in den klassischen Werken zur Geschichte der Chemie von *Trommsdorff*, *Gmelin*, *Kopp*, *Schorlemmer* wird die Periodisierung benutzt, die für den Zeitraum bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts noch heute als gültig genommen werden kann. Diese Periodisierung teilt die mehrtausendjährige Geschichte der Chemie nach wichtigen Tatsachen in der Herausbildung der Wissenschaft ein, vernachlässigt jedoch die gesellschaftliche und ökonomische Entwicklung. Eine nach diesen Gesichtspunkten aufgebaute Geschichte der Chemie vermittelt einen guten Überblick über das Wachstum der Erkenntnisse und Fähigkeiten, nimmt aber kaum Rücksicht auf gesellschaftliche und ökonomische Triebkräfte.

Der fortschreitende Prozeß der Differenzierung und Integration innerhalb der Chemie, der nicht nur andere Bereiche der Naturwissenschaften, sondern auch Ökonomie, Politik und Philosophie erfaßt, fordert eine Periodisierung, die diese Momente berücksichtigt. Wir haben im folgenden versucht, eine Möglichkeit zu finden, den sich immer stärker vergrößernden Wissensstoff übersichtlich darzustellen, und haben mit der Darstellung des Lebens und des Werkes bedeutender Chemiker gleichzeitig im Wirken ihrer Person die Entwicklung einzelner Spezialgebiete zu zeigen versucht. Für die Zeit des 19. Jahrhunderts und der Gegenwart scheint uns diese Form geeignet, sie ist eine Form, Fülle und Verschiedenartigkeit chemischer Probleme anschaulich zu zeigen und, was uns besonders wichtig scheint, Wechselbeziehungen zwischen Gesellschaft und Einzelpersönlichkeit in den einzelnen Gesellschaftsformationen zu zeigen.

Titelseite der Geschichte
der Chemie von Gmelin,
Göttingen 1798

Titelseite der Geschichte
der Chemie von Kopp,
Braunschweig 1843

Geschichte
der
Künste und Wissenschaften
für die Unterhaltung bestimmt für das Jahr
des anstehenden Jahrhunderts.

Geschichte der Chemie.

Der
einer Gesellschaft gesetzter Männer
veröffentlicht.

Der Eröffnung

Geschichte der Naturwissenschaften.

II. Geschichte der Chemie

1798

Des Fr. Dr. Gmelin

Seinen Werken

Göttingen,
Der Janus-Druck. Hofbuchdr.
1798.

Dr. Hermann Kopp,

Meister Stein.

Braunschweig:
Zum erstenmal erschienen
1833.

Chemische Praktiken sind schon Jahrtausende bekannt. Bereits bei den Kulturvölkern des vorderen Orients waren Tätigkeiten wie das Brennen von Ziegeln, das Anfertigen von Farben und die Verhüttung von Erzen bekannt.

Die Auffassungen griechischer Philosophen über den Aufbau der Materie und die im Verlauf von Jahrhunderten ausgebildeten praktischen Verfahren, die vor allem in Alexandrien und dann von den arabischen Gelehrten zu hoher Blüte gebracht wurden, gelangten mit den islamischen Eroberungen nach Europa und bildeten die Grundlage der mittelalterlichen Chemie. Neben den handwerklichen Tätigkeiten, z. B. der Färberei, der Weinbereitung, der Metallurgie mit soliden, zuverlässigen Rezepten, die sich von Generation zu Generation überliefert und bewährt hatten, bildete sich in dieser Zeit die Alchimie heraus, deren theoretische und praktische Grundlagen die aristotelische Elementarlehre und die überlieferten Erfahrungen vor allem alexandrinischer und auch arabischer alchemistischer Praktiken waren. Während das chemische Handwerk konkrete Bedürfnisse befriedigte, wurde die Alchimie durch die Goldgier der Feudalherren weitergefördert, die diese veranlaßte, die Suche nach dem Stein der Weisen zu betreiben.

Mit der Erweiterung des Handels und der Herausbildung größerer Städte im Feudalismus wurden die handwerklich-praktischen Kenntnisse der Chemie dort stärker beachtet. In dieser Zeit erforderten die Gewinnung von Farben, das Gärungsgewerbe, die Lederbearbeitung und die Glasherstellung Kenntnisse auf dem Gebiet der Chemie. Der Beruf des Chemikers, wie wir ihn heute kennen, bestand damals noch nicht. Als Handwerker und Künstler unterlag der chemisch arbeitende Mensch allen Einengungen wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Entwicklung, die für die Zeit des Feudalismus typisch sind. In dieser Zeit begann auch die Emanzipation der Wissenschaften aus der Vormundschaft der Kirche. Die Gründung der Universitäten im 14. Jahrhundert und die von Italien ausgehende Bildung wissenschaftlicher Gesellschaften hatte zum Ziel, die wissenschaftliche Arbeit aus der klösterlichen Enge heraus zu einer Angelegenheit des aufstrebenden Bürgertums zu machen, ihr so eine neue Zielstellung zu geben und gleichzeitig Autoritätsansprüche des Klerus und der Ideologie der Feudalgesellschaft zu überwinden.



Georg Agricola, 1494 bis 1555,
Mediziner und Naturwissenschaftler, Begründer
der wissenschaftlichen Mineralogie
und der Technologie des Bergbaus und des Hüttenwesens

Der Übergang zur kapitalistischen Produktionsweise brachte für die Chemie neue Aufgaben. Es galt, die Zusammensetzung und Verhüttung der Erze zu erforschen, wozu analytische Methoden und metallurgische Erfahrungen entwickelt wurden. Eine andere Aufgabe war die Entwicklung neuer Heilmittel, um die die Medizin während dieser Zeit bereichert worden ist.

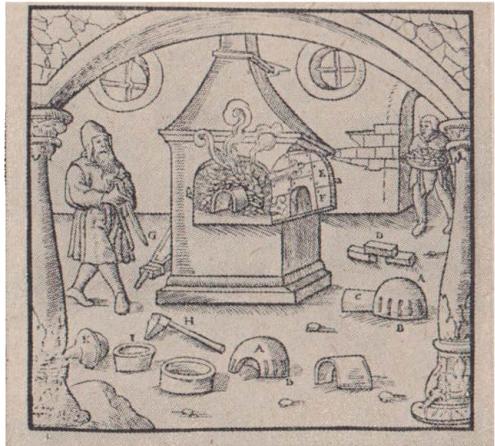
Mit der Bearbeitung dieser konkreten Aufgaben begann die eigentliche Entwicklung der Chemie. Sie ist mit den Namen der bedeutenden Gelehrten *Agricola* und *Paracelsus* verbunden. Die Werke *Boyles* rundeten diese Entwicklung vorerst ab und stabilisierten die Chemie als selbständigen Zweig der Naturwissenschaften.

In diesem Zeitabschnitt erfolgten naturwissenschaftliche und geographische Entdeckungen. Das kopernikanische Weltbild entstand, der Buchdruck wurde erfunden, und neue Erdteile wurden entdeckt. Die in der Antike gesammelten praktischen und philosophischen Erfahrungen fanden allgemeines Interesse, und die klassische Atomistik wurde erneut belebt. Eine intensive Beschäftigung mit den Stoffen und ihren Reaktionen ließ an der aristotelischen Elementenlehre zweifeln; die Einführung der Waage bei chemischen Experimenten und neue analytische Methoden ließen den Unterschied zwischen Element und Verbindung erkennen und gaben den Weg frei für umfangreiche chemische Untersuchungen.

Mit dem neuen Charakter der Wissenschaften entstanden auch neue Organisationsformen der wissenschaftlichen Forschung und Lehre, nämlich wissenschaftliche Gesellschaften und Akademien, wissenschaftliche Publikationsorgane und in der Chemie dann wissenschaftliche Schulen. Solche Schulen begründeten bereits *Stahl* und seine Nachfolger in Berlin, später *Berzelius* in Stockholm, *Gay-Lussac* und *Thénard* in Frankreich und schließlich *Liebig* in Deutschland.

In der Phlogistontheorie wurde dann eine Theorie geschaffen, die erstmalig versuchte, bestimmte chemische Reaktionen unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zu erklären und angesammelte Tatsachen so zusammenhängend zu betrachten. Die Entwicklung der Mechanik hatte die Physik definitiv von der Chemie geschieden. Die Naturwissenschaften häuften im 18. Jahrhundert ein umfangreiches Material an. In der Chemie wurden neue Elemente und eine große Zahl neuer Verbindungen

Schmelzofen
und Gießformen aus einer Eisenhütte
zur Zeit Agricolas

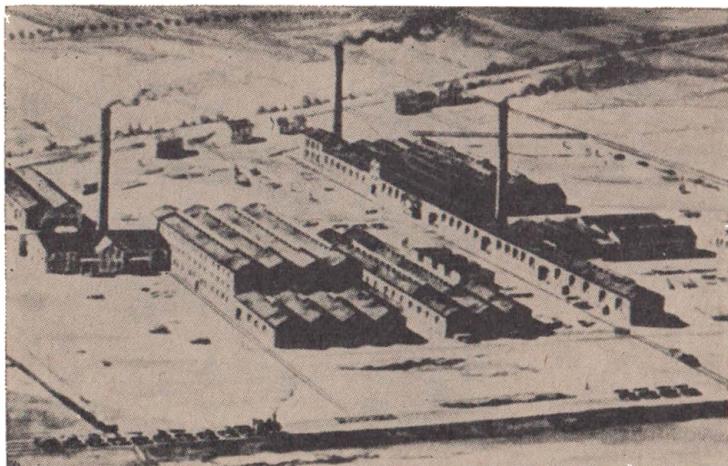


entdeckt. Triebkraft dieser Entwicklung war die im 18. Jahrhundert beginnende industrielle Revolution, in deren Verlauf das Fabriksystem entstand und die Industriebourgeoisie die politische Herrschaft antrat.

Nachdem mit *Lavoisiers* Oxydationstheorie die Lehre vom Phlogiston überwunden war und der Verbrennungsprozeß richtig gedeutet werden konnte, waren die wesentlichen Voraussetzungen für eine rasche Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert geschaffen worden. Die Harnstoffsynthese *Wöhlers* bereitete schließlich die Auffassung vor, daß in der anorganischen und organischen Chemie gleiche Gesetzmäßigkeiten wirken. Innerhalb weniger Jahrzehnte stieg die Zahl des synthetisch erzeugten organischen Verbindungen auf das Hundertfache.

Im 19. Jahrhundert differenzierte sich die Chemie weitgehend. Zuerst bildeten sich die Technologie und die analytische Chemie zu Spezialgebieten heraus. Nach der organischen Chemie entstand in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts die physikalische Chemie als selbständiger Zweig. Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts bis in die Gegenwart setzte sich die Herausbildung weiterer Spezialgebiete in der Chemie fort. Dieser Prozeß ist durch das ständig wachsende Tempo des Fortschritts der chemischen Erkenntnisse und der chemischen Technik bedingt. In der Epoche der großen industriellen Entwicklung und der immer enger werdenden Verbindung von materieller Produktion und Naturwissenschaften verkürzt sich immer mehr der Zeitraum, der zwischen den Ergebnissen der Grundlagenforschung und ihrer praktischen Anwendung liegt. Abstrakte Themen, die einst weit außerhalb der praktischen Bedürfnisse standen, bekamen für die Entwicklung der Produktion ebenso wie die technologischen Untersuchungen.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts und im 20. Jahrhundert verstärkten sich die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Produktion, die zu einer immer rascheren Umsetzung wissenschaftlicher Ergebnisse in die Produktion führte. Sehr eindrucksvoll zeigte sich diese Entwicklung am Beispiel der Herausbildung der Theorie der Katalyse und der Umsetzung der Kenntnis der chemischen Massenwirkung und der Reaktionskinetik. Die um die Jahrhundertwende begonnenen Arbeiten zur Fettährtung mit Nickel-Katalysatoren, die katalytische Ammoniakoxydation und nicht



zuletzt die Ammoniaksynthese von *Haber* und *Bosch* zeigten, wie auf der Gründlage theoretischer Berechnungen gemeinsam mit den Chemikern, Werkstofffachleuten, Apparatebauern und Verfahrenstechnikern wissenschaftliche Erkenntnisse in die industrielle Produktion umgesetzt wurden. Ein anderes Kennzeichen dieser Zeit war die Gründung neuer Forschungsstätten, da die zunehmenden Lehrverpflichtungen der Professoren es nicht mehr erlaubten, umfangreichere Grundlagenforschungen an den Universitätslaboratorien durchzuführen. Hatte die Entwicklung der Physik in den achtziger Jahren des 19. Jahrhunderts im damaligen Deutschen Reich dazu geführt, eine zentrale Forschungsinstitution in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu errichten, so waren dann die Chemiker *Ostwald*, *Nernst* und *Emil Fischer* zusammengekommen, um den Plan einer Chemischen Reichsanstalt zu entwerfen. In der vorgesehenen Form entstand diese Forschungsstelle nicht. Jedoch wurde 1911 die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gegründet, die vorrangig aktuelle Probleme der Chemie bearbeiten sollte und in wenigen Jahren zur größten Forschungseinrichtung des imperialistischen Deutschlands wurde.

Großunternehmer und Bankiers hatten die Einrichtung einer solchen weitverzweigten Gesellschaft finanziert und sich damit auch gewisse Rechte der personellen Besetzung und der Festlegung der Forschungsaufgaben gesichert. Sie gingen immer mehr dazu über, innerhalb ihrer Unternehmen eine Forschung unabhängig von den Universitäten zu organisieren, eigene Forschungslaboratorien einzurichten und die Forschungsarbeiten der Universitäten und Hochschulen ihren Interessen unterzuordnen. Die Arbeiten zur Ammoniaksynthese, zur Kautschuksynthese, zur Synthese der Kohlenwasserstoffe mit dem Ziel, Kraftstoffe herzustellen, wurden in Ludwigshafen, Leverkusen, Leuna und anderen Unternehmen der IG-Farben durchgeführt. Die Forschung war im Imperialismus zum Monopol der Monopole geworden.

In der Zeit nach dem ersten Weltkrieg wurden hervorragende Chemiker für ihre Leistungen mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Das Gesicht der Chemie jedoch bestimmten vor allem die großen Monopole.

In den vergangenen 100 Jahren hat die chemische Forschung immer neue Gebiete erschlossen. Interessante Probleme entstanden auf dem Gebiete der Farben, der

Heilmittel und dann der hochmolekularen organischen Verbindungen. Im Zuge dieser Arbeiten gelang es, die Struktur wichtiger Naturstoffe zu erkennen und damit ihre Synthese zu ermöglichen. So wurde der Weg zur Herstellung synthetischer Fasern geebnet. Die Arbeiten an der Kautschuksynthese wurden 1930 wieder aufgenommen und führten zur Entwicklung des Buna. Großes Interesse brachte man der Erzeugung synthetischer Kraftstoffe entgegen. Auch auf dem Gebiet der Heilmittelherstellung schufen Chemiker wertvolle Erzeugnisse.

Unter den Bedingungen des Übergangs zum Monopolkapitalismus wurden die Chemiebetriebe zu riesigen Großunternehmen zusammengeschlossen. Die Großaktionäre und Leiter dieser Chemiekonzerne haben eine unheilvolle, gegen die Interessen der Völker gerichtete Politik unterstützt, die die Menschheit zweimal in einen Weltkrieg stürzte. Große, für die friedliche Nutzung bestimmte Entdeckungen und Erfindungen der Wissenschaftler, wie die Arbeiten zur Ammoniak- und Salpetersäureherstellung und Ergebnisse der Heilmittelforschung, wurden mißbraucht. Zahlreiche begabte, ehrliche Chemiker und andere Wissenschaftler wurden für Forschungsarbeiten eingesetzt, deren Ergebnisse von vornherein zu Kriegszwecken, der Zerstörung des Lebens, dienen sollten. In verbrecherischer Weise hat sich dabei der berüchtigte IG-Farben-Konzern hervorgetan, der in seinen Laboratorien unter anderem Giftgase für die Vernichtung von Millionen Menschen in den faschistischen Konzentrationslagern entwickeln ließ, und der viele Chemiker auf einen Weg führte, der sie an Kriegsverbrechen schuldig werden ließ.

Die großen Chemiekonzerne sind bis heute noch nicht bereit, auf diese verabscheuungswürdige Nutzung chemischer Erzeugnisse zu verzichten. Man kennt heute in der Welt des Kapitals keine Skrupel, die Ergebnisse der chemischen Industrie zu Profitzwecken zu nutzen.

Es ist gut zu wissen, daß die Wissenschaftler in der DDR unter den humanistischen Bedingungen der sozialistischen Gesellschaftsordnung arbeiten können.

Zur Entwicklung der Chemie in der DDR

Befreiung und Neuaufbau (1945 bis 1949)

Mit dem Sieg der Sowjetunion und der übrigen Staaten der Antihitlerkoalition über den faschistischen deutschen Imperialismus begann im Mai 1945 für das deutsche Volk eine neue Epoche seiner Geschichte.

Im Potsdamer Abkommen waren die Liquidierung der Rüstungsindustrie, die Beseitigung der Monopole und der Aufbau einer Friedenswirtschaft festgelegt worden. Jedoch nur in der damaligen sowjetischen Besatzungszone führten die Arbeiterklasse und andere demokratische Kräfte auf der Grundlage des Potsdamer Abkommens die durch die Befreiung möglich gewordenen revolutionären Umwälzungen durch. Deutsche Kommunisten und andere Antifaschisten bemühten sich gemeinsam mit den sowjetischen Besatzungsorganen um die rasche Wiederingangsetzung der Produktion.

In der chemischen Industrie begannen schon bald Arbeiter, Techniker und Wissenschaftler mit Hilfe sowjetischer Experten in den Werken, die zum großen Teil in Trümmern lagen, die Wiederaufnahme der Produktion vorzubereiten.

Für die Sicherung der Lebensbedingungen und der Arbeitsplätze eines großen Teiles der Bevölkerung war es von Bedeutung, daß so wichtige Betriebe, wie Leuna, Bitterfeld und Wolfen, nicht demontiert wurden, sondern unter der Leitung sowjetischer Fachleute, Direktoren und Wissenschaftler als Sowjetische Aktiengesellschaften, sogenannte SAG-Betriebe, die Produktion wieder aufnahmen.

Eine ungehinderte Entwicklung von Wissenschaft, Produktion und Kultur verlangte die Brechung des bürgerlichen Bildungsmonopols und eine grundlegende Bildungsreform. Dem Befehl der SMAD zur Wiederaufnahme des Unterrichtes an den allgemeinbildenden Schulen folgte noch 1945 der Befehl Nr. 50 der SMAD zur Vorbereitung der Wiederaufnahme des Lehr- und Forschungsbetriebes an den Universitäten und Hochschulen der damaligen sowjetischen Besatzungszone.

Für die Entwicklung der Grundlagenforschung war es wesentlich, daß 1946 durch den Befehl Nr. 187 des Obersten Chefs der SMAD die frühere „Preußische Akademie der Wissenschaften“ als „Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin“ ihre Tätigkeit aufnehmen konnte. Nach der Gründung der Akademie-Institute für Medizin und Biologie in Berlin-Buch unter der Leitung von W. Friedrich entstand

1948 die Arbeitsstelle für Kristallstrukturanalyse unter der Leitung von *Katharina Boll-Dornberger* und das Institut für Faserstoff-Forschung in Teltow-Seehof unter der Leitung von *E. Correns*.

Am 31. März 1949 wurde von der damaligen Deutschen Wirtschaftskommission die „Verordnung über die Erhaltung und Entwicklung der deutschen Wissenschaft und Kultur, die weitere Verbesserung der Lage der Intelligenz und die Steigerung ihrer Rolle in der Produktion und im öffentlichen Leben“ verabschiedet. Auf der Grundlage dieser Verordnung wurde der weitere Aufbau der damaligen Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, der Universitäten und Hochschulen, u. a. die Schaffung der Arbeiter- und Bauern-Fakultäten, eingeleitet. Es wurde festgelegt: „Für hervorragende wissenschaftliche Arbeiten, bedeutende technische Erfindungen und Einführung neuer Arbeits- und Produktionsmethoden, welche eine große volkswirtschaftliche Bedeutung haben . . .“ Nationalpreise zu verleihen [7; S. 13].

Der Beitrag der chemischen Forschung und chemischen Industrie in den ersten Jahren des Wiederaufbaus wurde bei der Verleihung der ersten Nationalpreise berücksichtigt. Ausgezeichnet wurden die Chemiker *Dr. R. Grießbach* und *Dr. E. Reißmann*, *Dr. J. Nelles*, *Dr. E. Schmitz*, *Dr. B. Schätzel* und *Dr. E. Correns*.

Von der Gründung der DDR bis zum Sieg der sozialistischen Produktionsverhältnisse (1949 bis 1961)

Die Gründung der Deutschen Demokratischen Republik am 7. Oktober 1949 war ein Ereignis von historischer Bedeutung. Wissenschaft, Kultur und Produktion erhielten neue Aufgaben, nämlich nicht Völkermord, Ausbeutung und Aggression zu dienen, sondern den friedlichen Aufbau und das Wohl des Volkes zu sichern.

Der erste Fünfjahrplan zur Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR für die Jahre 1951 bis 1955 war das entscheidende Dokument zur Schaffung wichtiger Grundlagen für den Aufbau des Sozialismus in der DDR. Der Übergang zur langfristigen Wirtschaftsplanung war nicht zuletzt durch die vorfristige Erfüllung des Zweijahrsplans von 1949 bis 1950 möglich geworden. So betrug 1950 die Produktion chemi-



scher Erzeugnisse 177,7 % der Produktion von 1936. 195 800 Menschen waren in der chemischen Industrie beschäftigt.

Im September 1950 wurde die DDR in den Rat für Gegenseitige Wirtschaftshilfe aufgenommen. Erschwerend erwiesen sich in den ersten Jahren der DDR die aus der kapitalistischen Vergangenheit, den Folgen des Krieges und der vom Imperialismus vollzogenen Spaltung Deutschlands resultierenden großen Disproportionen in der volkseigenen Wirtschaft. Neben der Schaffung der metallurgischen Basis galt es, die Gewinnung von anorganischen Grundchemikalien, vor allem Schwefelsäure, organischen Folgeprodukten und den Aufbau einer eigenen pharmazeutischen Industrie zu sichern.

Durch die weitgehende Reorganisation des VEB Maxhütte, Unterwellenborn, durch den Neuaufbau des VEB Eisenhüttenkombinat Ost, Eisenhüttenstadt, und die Nutzung des Niederschachtofenverfahrens von K. Säuberlich im VEB Bergbau und Hüttenkombinat Calbe (Saale) wurden notwendige Hüttenwerke geschaffen. Das Verfahren von G. Bilkenroth und E. Rammler, metallurgischen Koks aus Braunkohle zu gewinnen, war ein weiterer Schritt zur Sicherung der metallurgischen Basis. Nach nur achtmonatiger Bauzeit konnte in der neuerrichteten Großkokerei Lauchhammer im Senftenberger Revier die erste Ofeneinheit mit der Versuchsproduktion von BHT-Koks beginnen. G. Bilkenroth und E. Rammler wurden für ihre bedeutende Leistung 1951 mit dem Nationalpreis 1. Klasse ausgezeichnet.

Der erste Fünfjahrplan sah für die Entwicklung der chemischen Industrie bis 1955 eine Produktionssteigerung von über 200 % gegenüber 1950 vor. Dazu waren die Rekonstruktion bestehender und der Aufbau neuer Betriebe aber auch die Verstärkung der Forschung und die Ausbildung von Chemikern durch eine Erweiterung der Hoch- und Fachschulen erforderlich.

Der Verbesserung der Versorgung der Bevölkerung dienten solche Vorhaben, wie die Erweiterung der PVC-Anlagen in Buna und Bitterfeld, die Erweiterung der Reifenproduktion in Riesa und Fürstenwalde, der Wiederaufbau und die Erweiterung der Viskosefaserstoffproduktion in Pirna und Premnitz und die Errichtung von Polyamidfaserstoffanlagen in Schwarza, Wolfen und Premnitz.

Eine vordringliche Aufgabe war, hochwertige Arzneimittel zu erzeugen und so unabhängig zu sein von Importen aus kapitalistischen Ländern. In Jena entstand in dem VEB Jenapharm ein leistungsfähiges pharmazeutisches Werk. 1952 erhielten *H. Knöll* und *W. Köhler* den Nationalpreis 1. Klasse für den Aufbau der Penicillinproduktion und einer Streptomyzinfabrik. Die Schwefelsäureproduktion aus einheimischen Rohstoffen, Anhydrit und Kieserit, wurde begonnen und die Gips-Schwefelsäurefabrik im VEB Farbenfabrik Wolfen wieder aufgebaut.

Um den erhöhten Anforderungen an unsere Volkswirtschaft gerecht zu werden, war die Orientierung auf die Ergebnisse der Sowjetwissenschaft zur unabdingbaren Notwendigkeit geworden. 1951 erfolgte der Abschluß eines Abkommens über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit zwischen der UdSSR und der DDR. Es wurde eine gemeinsame Kommission für wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit gebildet. 1951 fuhren auch die ersten Chemiestudenten zu ihrer Ausbildung in die Sowjetunion, und sowjetische Chemiker kamen zu Gastvorlesungen in die DDR.

An den Universitäten und Hochschulen der DDR wurde dem Chemiestudium große Aufmerksamkeit gewidmet. Aus oft völlig zerstörten Instituten entstanden durch Wiederaufbau und viele Neubauten in Jena, Freiberg, Halle, Leipzig und Greifswald leistungsfähige Lehr- und Forschungsstätten unter der Leitung namhafter Professoren, wie *F. Hein*, *L. Wolf*, *W. Langenbeck*, *H. Beyer*, *G. Rienäcker*, *A. Simon* und *K. Schwabe*, die bereits in den ersten Jahren der DDR für ihr Wirken in Lehre und Forschung mit dem Nationalpreis ausgezeichnet wurden. Trotz der steigenden Anforderungen auf dem Gebiet der Lehre wurden in diesen Instituten Zentren der Grundlagenforschung geschaffen, die weit über die Grenzen unserer Republik hinaus sich Achtung und Anerkennung erwerben konnten, denken wir nur an die Arbeiten zur chemischen Koordinationslehre von *F. Hein*, die Arbeiten zur Elektrochemie von *K. Schwabe*, die Arbeiten zur anorganischen Chemie von *E. Thilo* und die Katalyseforschungen von *G. Rienäcker* und *W. Langenbeck*.

1954 wurde im Chemiebezirk Halle in Leuna/Merseburg die Technische Hochschule für Chemie errichtet. Heute trägt diese Hochschule den verpflichtenden Namen „*Carl Schorlemmer*“.



Erich Correns.
Mitglied des Staatsrates der DDR
und Präsident
des Nationalrates der Nationalen Front

Um den wachsenden Anforderungen auf dem Gebiet der Grundlagenforschung gerecht zu werden, wurden seit 1950 und dann verstärkt im Fünfjahrplanzeitraum bei der Akademie der Wissenschaften zu Berlin naturwissenschaftlich-medizinische Forschungsinstitute errichtet. Hier sollen genannt werden, das Institut für anorganische Chemie, ab 1950 von *E. Thilo* geleitet, in dem Forschungen auf dem Gebiet der Silikatchemie und der Chemie der Phosphate betrieben wurden, sowie das 1954 gegründete Institut für organische Chemie, von *A. Rieche* geleitet, in dem Forschungen über organische Zwischenprodukte und organische Peroxide und neue Möglichkeiten ihrer Synthese durchgeführt wurden. Der Akademie wurde das Institut für Silikatforschung angeschlossen, wo unter der Leitung von *H. H. Franck* angewandte Silikatforschung und Glasforschung betrieben wurden. Weiter wurde das Institut für Fettchemie unter der Leitung von *H. Bertsch* gegründet und mit Forschungen auf dem Gebiet der grenzflächenaktiven Stoffe und deren Rohstoffquellen besonders im Hinblick auf die Waschmittelherstellung beauftragt. 1952 wurde das Institut für Katalyseforschung unter der Leitung von *G. Rienäcker* und *W. Langenbeck* gebildet.

Die Entwicklung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin wurde von der SED und der Regierung der DDR kontinuierlich gefördert. Die 1955 vom Ministerrat der DDR erlassenen „Empfehlungen zur weiteren Entwicklung und Verbesserung der Arbeit der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin“ wurden Ausgangspunkt für die inhaltliche und organisatorische Weiterentwicklung dieser bedeutenden Forschungsstätte.

Im Jahre 1954 übergab die Regierung der UdSSR die letzten SAG-Betriebe der DDR. Darunter waren die Leuna-Werke und die Buna-Werke.

Auf Grund der erfolgreichen Entwicklung der DDR in den ersten Jahren ihres Bestehens und der gewachsenen Macht der Arbeiterklasse war es möglich, mit dem planmäßigen Aufbau des Sozialismus in der DDR zu beginnen. Der IV. Parteitag der SED 1954 konnte einschätzen, daß bei der Erfüllung des ersten Fünfjahrplanes, besonders bei der Schaffung einer leistungsfähigen metallurgischen Basis wichtige Erfolge erzielt werden konnten.

G. Rienäcker
unterzeichnet
eine Verein-
barung über die
wissenschaftliche
Zusammenarbeit
mit der VAR
(1966)



Im zweiten Fünfjahrplan wurden der chemischen Industrie, der Grundlagen- und angewandten Forschung umfangreiche Aufgaben übertragen. Schwerpunkte der Entwicklung der chemischen Industrie wurden weiterhin die Erhöhung der Produktion von Grundchemikalien, so die Steigerung der Schwefelsäure- und Ätznatronproduktion sowie die Erhöhung der Produktion von synthetischem Kautschuk. Die Entwicklung des genossenschaftlichen Sektors in der Landwirtschaft und die Sicherung seiner ökonomischen Überlegenheit verlangten die Einführung neuester Erkenntnisse der Agrarwissenschaft, so der stärkeren Verwendung chemischer Düngemittel. Deshalb mußte die Produktion der Stickstoff- und Phosphordüngemittel erhöht werden. Wichtige Vorhaben wurden der Bau der Gipsschwefelsäurefabrik in Coswig, die Neuaufnahme der Herstellung von Magnesium und der Ausbau der Karbidöfen für die Steigerung der Kalziumkarbidherstellung in Buna.

Die anstehenden Aufgaben konnten nur mit neuen effektiveren Formen der Leitung und Planung der Forschung gelöst werden. 1957 wurde die Forschungsgemeinschaft der naturwissenschaftlichen, medizinischen und technischen Institute gegründet. Zur Verbesserung der Forschungsarbeit wurden weitere Institute der Akademie zugeordnet oder neu errichtet. So übernahm die Akademie die gesamte Kernforschung, die Forschung über stabile Isotope und angewandte Radioaktivität. Neu geschaffen wurde das Institut für physikalische Chemie unter der Leitung von P. A. Thiessen, das Institut für Kunststoffe und ein Institut für Verfahrenstechnik der organischen Chemie. 1957 wurde der Forschungsrat der DDR gebildet, dessen erster Vorsitzender der Physikochemiker P. A. Thiessen wurde. Diese Maßnahme trug Erfordernissen Rechnung, die an die Entwicklung von Naturwissenschaften und Technik gestellt wurde.

Ausgehend von den Beschlüssen des V. Parteitages der SED beriefen das ZK der SED und die Staatliche Plankommission der DDR im November 1958 die Chemiekonferenz nach Leuna ein, auf der das Chemieprogramm, das Programm für die Entwicklung der chemischen Industrie der DDR beschlossen wurde. Das Programm orientierte auf die beschleunigte Entwicklung der Chemie als einen für die Entwicklung der sozialistischen Volkswirtschaft wichtigen Industriezweig.

Die wachsende Nutzung chemischer Produkte in der Volkswirtschaft, die Chemisierung der Volkswirtschaft, verlangte eine Orientierung auf die Petrolchemie. In Schwedt (O.) sollte ein Erdölverarbeitungswerk entstehen, in dem sowjetisches Erdöl aufgearbeitet wird, das über die Erdölleitung „Freundschaft“ aus der Sowjetunion in die DDR transportiert wird. Weitere Vorhaben waren der Bau des petrochemischen Zentrums Leuna II und des Chemiefaserwerkes Guben. Die Orientierung auf die Petrolchemie ermöglichte eine verstärkte Entwicklung der Produktion von Plasten und synthetischen Fasern.

Für die Durchführung des Chemieprogramms mußten nicht nur neue Produktionsstätten errichtet werden, es mußten auch neue Gebiete der Forschung und Entwicklung erschlossen werden. In Leipzig arbeitete das Institut für Verfahrenstechnik der organischen Chemie unter der Leitung von *E. Leibnitz* über spezielle Technologien der Erdölverarbeitung und der Petrolchemie, an der TH „*Otto von Guericke*“ in Magdeburg wurde das 1956 gegründete Institut für Chemisches Apparatewesen unter der Leitung von *H.-J. Heckmann* ein Zentrum auf dem Gebiet des Chemieanlagenbaus.

Die Mittel für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Chemie wurden erhöht. Entsprechend den neuen Aufgaben wurden die VEB in Lützkendorf und Schwarzheide ausgebaut. Im damaligen VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld, dem VEB Chemische Werke Buna/Schkopau und dem VEB Farbenfabrik Wolfen wurden die Forschungs- und Produktionskapazitäten erweitert.

In der chemischen Industrie entfaltete sich zuerst die Massenbewegung zur Durchsetzung der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit. Im Januar 1959 rief die Jugendbrigade „*Nikolai Mamai*“ vom VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld unter der Losung „auf sozialistische Weise arbeiten, lernen und leben“ zum Wettbewerb um den Titel „Brigade der sozialistischen Arbeit“ auf.

Der nach dem V. Parteitag begonnene Ausbau der chemischen Industrie zeigte bald Erfolge. Mit sowjetischer Hilfe wurden vor allem moderne petrochemische Produktionsanlagen beschleunigt ausgebaut. Im Mai 1960 wurde der Grundstein für das Chemiefaserwerk Wilhelm-Pieck-Stadt Guben gelegt. Im November 1960 folgte die

Walter Ulbricht zeichnet Erich Thilo mit dem Nationalpreis aus (1961)



Grundsteinlegung für das Erdölverarbeitungswerk Schwedt (O.), dem heutigen VEB Petrolchemisches Kombinat Schwedt (O.). 1960 war der erste Bauabschnitt der Gipsschwefelsäurefabrik in Coswig fertiggestellt.

Eine wichtige Funktion bei der Verwirklichung des Chemieprogramms hatte die sich vertiefende Zusammenarbeit der sozialistischen Länder im RGW. Die ständige Kommission für Chemie im RGW nahm ihren Sitz in der DDR, eine hohe Anerkennung der Leistungen der DDR-Chemie. Das Chemieprogramm der DDR wurde als organischer Bestandteil der Entwicklung der Chemie in den RGW-Ländern anerkannt und bestätigt.

Die Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft (seit 1961)

Anfang der sechziger Jahre waren die sozialistischen Produktionsverhältnisse in allen Bereichen der Volkswirtschaft zum Siege geführt. Die Arbeiterklasse der DDR hatte unter Führung der SED gemeinsam mit den werktätigen Bauern und allen anderen Werktätigen die Grundlagen des Sozialismus errichtet.

Wichtige Industriezweige waren fast völlig neu geschaffen worden, darunter Betriebe des Chemieanlagenbaus, der pharmazeutischen Industrie, der Plastverarbeitung und der Petrolchemie. Es war ein sozialistisches Schul- und Hochschulwesen entstanden. Eine neue sozialistische Intelligenz war herangewachsen. Mit der Sicherung der Staatsgrenze der DDR am 13. August 1961 war der imperialistischen Ausplünderung ein Ende gesetzt. Immer stärker widerspiegeln sich in den Dokumenten der Partei- und Staatsführung die Forderung nach verstärktem Ausbau der materiell-technischen Basis der sozialistischen Gesellschaft, vor allem nach der Schaffung einer hochentwickelten chemischen Forschung und chemischen Industrie.

Auf dem VI. Parteitag der SED, 1963, wurde ein neues Parteiprogramm angenommen, in dem als zentrale Aufgabe auf ökonomischem Gebiet die Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR auf der Grundlage des höchsten Standes von Wissenschaft und Technik niedergelegt war. Festgehalten wurde: „Für die Entwicklung der Wirtschaft der Deutschen Demokratischen Republik ist die chemische Industrie, besonders die Petrolchemie, bestimmend . . .“ [8; S. 75].

1963 wurde die Erdölleitung „Freundschaft“ eingeweiht; 1964 begann der Dauerbetrieb der ersten Anfahrstraße im damaligen Erdölverarbeitungswerk Schwedt (O.); im VEB Mineralölwerk Lützkendorf wurde mit dem Bau der Schmierölanlagen begonnen. Nach dem Sieg der sozialistischen Produktionsverhältnisse auf dem Lande gewann die Chemie in den sechziger Jahren große Bedeutung für die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion. Neben der Produktion hochwertiger Düngemittel galt die besondere Aufmerksamkeit der Herstellung wirksamer Pflanzenschutzmittel. Zentrum der Forschung auf dem Gebiet der Herbizide und Insektizide wurde damals das „WTZ Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel“, die heutige VVB Agrochemie und Zwischenprodukte.

In der Vorbereitung der verfahrenstechnischen Entwicklung und Projektierung von Anlagen der Braunkohlenveredlung und der Erdölverarbeitung hatte das „Industriezentrum Mineralöle und organische Grundstoffe“ eine besondere Aufgabe. Diese anfangs kleine Projektierungsgruppe wurde unter der Leitung von *H.-G. Riedel* zu einem der größten Projektierungunternehmen der DDR ausgebaut. Für seine „bedeutenden wissenschaftlichen und technischen Leistungen bei der verfahrenstechnischen Entwicklung und Projektierung von Anlagen der Braunkohlenveredlung und der Erdölverarbeitung“ erhielt *H.-G. Riedel* 1965 den Nationalpreis der DDR. Eines der größten Werke der Erdölverarbeitung wurde das Mineralölwerk Lützkendorf. Hier wurde eine Forschungs- und Entwicklungsstelle für die primäre Erdölverarbeitung aufgebaut, die sich insbesondere mit der Herstellung von Schmierstoffen, Wachsen und Paraffinen befaßte. In Kooperation mit dem Institut für Physikalische Chemie der Universität Jena wurden wertvolle Forschungsarbeiten geleistet.

1966 nahmen im VEB Petroleumchemisches Kombinat Schwedt (O.) die Hauptanlagen der zweiten Anfahrstufe den Dauerbetrieb auf, gleichzeitig begann auch der Dauerbetrieb der ersten Anfahrstufe in Leuna II.

Neue Bereiche wurden in die Grundlagenforschung einbezogen. An der Universität Jena wurde die Lehr- und Forschungsrichtung „Glaschemie“ gegründet, die mit dem VEB Jenaer Glaswerke Schott & Gen. zusammenarbeitet. Verstärkt wurden die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Silikon- und Fluor-

karbonchemie. Neben dem Institut für Silikon- und Fluorkarbonchemie Radebeul, unter der Leitung von *R. Müller*, wurde an der Humboldt-Universität zu Berlin ein leistungsfähiges Forschungszentrum geschaffen. Im VEB Chemiewerk Nünchritz und im VEB Fluorwerke Dohna liegen die Produktionsstätten.

Auf dem Gebiet der Komplexchemie wurden richtungsweisende Arbeiten von *F. Hein* und seinen Schülern erbracht. In enger Beziehung zur Physik entstanden die Arbeiten über Reinststoffe. Verfahrenstechnische Probleme, Fragen des Korrosionsschutzes und der Mechanochemie waren in diesen Jahren Arbeitsgebiete der Physikalischen Chemie und der Technischen Chemie.

Der Anwendungsbereich der Organischen Chemie wurde immer breiter. Es entstanden neue Fachgebiete wie Biochemie, Pharmakologie und chemische Toxikologie. Der Erhöhung der Lebenserwartung der Werktätigen dienten Forschungen auf dem Gebiet neuer Nahrungsmittel. An Interesse gewannen mikrobiologische Prozesse für die Herstellung von Steroiden, Vitaminen, Milchsäure und Futterhefe.

1967 beschloß der VII. Parteitag der SED, neue Erkenntnisse der Wissenschaft und Technik rascher in die Produktion einzuführen und stärker einheimische Energie- und Rohstoffquellen zu nutzen. Entwicklungsschwerpunkte für Forschung und Produktion wurden Plaste, Elaste, Synthesefasern und agrochemische Produkte. Im Fünfjahrplan für die Jahre 1966 bis 1970 wurde der beschleunigte Ausbau der Petrolchemie festgelegt.

In der am 6. April 1968 angenommenen neuen Verfassung der DDR wurde erstmals die Verantwortung des Staates für die Entwicklung der Wissenschaft niedergelegt. Im Artikel 17 heißt es: „Die Deutsche Demokratische Republik fördert Wissenschaft, Forschung und Bildung mit dem Ziel, die Gesellschaft und das Leben der Bürger zu schützen und zu bereichern. Dem dient die Vereinigung der wissenschaftlich-technischen Revolution mit den Vorzügen des Sozialismus.“ [9; S. 18]

Die neuen Anforderungen an die Wissenschaft führten in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre zu umfassenden Reformen in Lehre und Forschung und Umstrukturierungen in der volkseigenen chemischen Industrie. Sichtbar gewordene Differenzierungs- und Integrationsprozesse und die Forderung nach praxisnaher Aus-

bildung führte im Chemiestudium nach der Grundlagenausbildung zur Bildung der drei Fachrichtungen Verfahrenschemie, Synthesechemie sowie Theoretische und Physikalische Chemie.

Im Entwicklungsprozeß der Akademie der Wissenschaften zu einer sozialistischen Forschungsakademie entstanden in den Zentralinstituten neue und effektive Organisationsformen der wissenschaftlichen Arbeit. Als erstes Zentralinstitut wurde das Zentralinstitut für Physikalische Chemie gegründet, in dem die einstigen Institute für Physikalische Chemie, anorganische Katalyseforschung und Strukturforschung zusammengeschlossen wurden. Diese Zentralinstitute sind den Forschungsbereichen der Akademie zugeordnet, so gehören zum Forschungsbereich Chemie die Zentralinstitute für Physikalische Chemie, Anorganische Chemie, Organische Chemie, die Institute für Polymerenchemie, Technische Chemie und Technologie der Fasern, das Forschungsinstitut für Aufbereitung und die Forschungsstelle für chemische Toxikologie. Das in diesen Einrichtungen repräsentierte Forschungspotential wurde vollständig in die sozialistische Entwicklung der DDR einbezogen und für die Realisierung gesellschaftlich und volkswirtschaftlich entscheidender Aufgabenstellungen eingesetzt.

Ein wichtiger Schritt zur Steigerung der Effektivität der chemischen Industrie und einer engeren Verbindung zwischen Forschung und Produktion war im Jahre 1970 die Bildung von Chemiekombinaten. Im Zuge der Umstrukturierung der volkseigenen chemischen Industrie wurden die Kombinate VEB Kombinat Chemische Werke Buna, VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“, VEB Petrochemisches Kombinat Schwedt (O.), VEB Chemiekombinat Bitterfeld, VEB Fotochemisches Kombinat ORWO Wolfen, VEB Chemiefaserkombinat Schwarza/Rudolstadt und VEB Reifenkombinat Fürstenwalde geschaffen.

Im Rahmen bilateraler Abkommen hatte sich die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit zwischen der UdSSR und der DDR immer mehr vertieft. Eine neue Etappe wurde mit dem Vertrag über Freundschaft, gegenseitigen Beistand und Zusammenarbeit zwischen der DDR und der UdSSR vom 12. Juni 1964 eingeleitet. Im Regierungsabkommen von 1968 zwischen der DDR und der UdSSR wurde die

Lieferung von Erdgas, der gemeinsame Bau einer Erdgasleitung aus der Sowjetunion in die DDR und die Kooperation der Forschung und der Produktion in der Chemie beschlossen. Für die Zusammenarbeit der sozialistischen Länder war die Gründung internationaler Organisationen, so der Industriezweigorganisation „INTERCHIM“ mit Sitz in Halle ein beträchtlicher Schritt voran.

Im Gesamtprozeß der Entwicklung der DDR in den Jahren 1961 bis 1971 konnte die chemische Industrie sichtbare Erfolge aufweisen. Die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit der sozialistischen Staatengemeinschaft vertiefte sich und wurde ein wesentliches Element für die Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Hinsichtlich der Entwicklung der chemischen Industrie konnte auf dem VIII. Parteitag 1971 festgestellt werden: „Auch die chemische Industrie übertraf die durchschnittlichen Steigerungsraten der Industrieproduktion bedeutend. Im Alltag zeigt sich diese Veränderung der Produktionsstruktur im wachsenden Angebot von Konsumgütern aus Plaste und chemischen Fasern...“ [10; S. 35] Seit 1960 hatte sich die Produktion von Plasten mehr als verdoppelt, bei den Synthesefasern stieg sie auf das Sechsfache.

Die vom VIII. Parteitag beschlossene Hauptaufgabe, das materielle und kulturelle Lebensniveau des Volkes auf der Grundlage eines hohen Entwicklungstemplos der sozialistischen Produktion, der Erhöhung der Effektivität, des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und des Wachstums der Arbeitsproduktivität weiter zu erhöhen, brachte auch für die chemische Forschung und chemische Industrie neue Aufgaben, die auf der Grundlage erreichter Ergebnisse in Angriff genommen werden konnten. Für die chemische Forschung und chemische Industrie ergaben sich vorrangig die Aufgaben hinsichtlich der Nutzung der natürlichen Ressourcen der DDR, der Schaffung neuartiger und der Verbesserung vorhandener Werkstoffe und der Auffindung neuer Wirkprinzipien der Stoffwandlung und -verarbeitung. Besondere Bedeutung wurde den Glas- und Keramikwerkstoffen beigemessen. Die zunehmende Bereitstellung moderner Werkstoffe wurde als ein wichtiges Kettenglied in dem Prozeß der Chemisierung erkannt. In dem Planzeitraum mußten umfangreiche Kräfte und Mittel für die im Bau befindlichen großen Vorhaben bereitgestellt werden. Solche

Vorhaben waren: die Polyurethananlagen im VEB Synthesewerk Schwarzheide, die Anlage zur Herstellung von Polyesterrohstoffen in Schwedt, der Olefinkomplex Böhlen und die erste Stickstofflinie im VEB Düngemittelkombinat Piesteritz. Diese großen Vorhaben erforderten auch die Sicherung der Energiebasis.

Für die Akademie der Wissenschaften, die Universitäten und Hochschulen ergaben sich große Aufgaben. Die Aufgabenstellung für die Forschung orientierte auf die Grundlagenforschung und die angewandte Forschung der Akademien und Hochschulen. Ziel war es, einen soliden, tragfähigen wissenschaftlichen Vorlauf zu schaffen, der auf die Bedürfnisse unserer volkswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung orientiert ist. Neben der entscheidenden Aufgabe, den Rohstoffbedarf durch Erkundung, Erschließung, rationelle Aufbereitung, Verarbeitung und Verwertung einheimischer Rohstoffe zu decken, die eine stärkere Orientierung auf anorganische Grundlagenforschung erforderte, ergab sich eine weitere Aufgabe für einen rationalen Werkstoffeinsatz aus der Forderung, zwischen den physikalischen Eigenschaften und der molekularen oder atomaren Struktur grundlegende Zusammenhänge aufzufinden. Ziel dieser Forschungen war die Verbesserung des Gebrauchswertes von metallischen, polymeren organischen und anorganischen Festkörpern sowie von Schmelzen und kristallinen Flüssigkeiten durch Modifizierung bekannter und durch Auffindung neuer Stoffe.

Immer stärker setzte sich die Forderung durch, durch Forschungen auf den Gebieten der Ernährungsphysiologie, der Eiweißchemie, der Toxikologie und der naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen zur Minderung umweltschädigender Einflüsse die optimale Lebenserwartung der Menschen zu gewährleisten.

Die Erfüllung der vom VIII. Parteitag beschlossenen Hauptaufgabe verlangt, die Aufgaben der Forschung in allen Instituten, Hochschulen, wissenschaftlichen Einrichtungen und in den Kombinaten stets zugleich aus den Bedürfnissen der Gesellschaft, dem Entwicklungsstand der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin und aus den Reproduktionsbedingungen der sozialistischen Volkswirtschaft abzuleiten. Das entscheidende Dokument für die Entwicklung der Grundlagenforschung wurde die von der Akademie der Wissenschaften der DDR und dem Ministerium für das Hoch-

Der Präsident der AdW der DDR, H. Klare, übergibt dem Generalsekretär des Zentralkomitees der SED, Erich Honecker, eine Auswahl bedeutsamer Forschungsergebnisse



und Fachschulwesen gemeinsam erarbeitete „Konzeption der langfristigen Entwicklung der naturwissenschaftlichen und mathematischen Grundlagenforschung sowie der Grundlagenforschung ausgewählter technischer Richtungen bis zum Jahre 1990“.

Große Bedeutung für die Entwicklung der Grundlagenforschung und der Aufgaben der Akademie der Wissenschaften hatte die Beratung des Präsidiums der Akademie mit dem Generalsekretär des ZK der SED, *Erich Honecker*, 1972. Im Zuge der weiteren Entwicklung der Akademie war es folgerichtig, daß die Akademie als „Akademie der Wissenschaften der DDR“ ihren gesellschaftlichen Standort bestimmte. Im Zusammenhang mit der 275. Wiederkehr der Gründung der Akademie konnte ihr Präsident, der Chemiker *H. Klare*, auf wichtige Beiträge der Forschung im Fünfjahrplanzeitraum verweisen, so auf das im Zentralinstitut für Organische Chemie geschaffene neue Verfahren der Pyrolyse von Kohlenwasserstoffen, durch das ein höherer Umwandlungsgrad der betreffenden Rohstoffe in wertvolle petrochemische Primärprodukte erreicht wird, auf isotopengeologische Methoden zur effektiven Nutzung und Aufbereitung des in der DDR geförderten Erdgases, auf das erarbeitete Verfahren zur Aufbereitung von Glassanden, das uns in die Lage versetzen wird, hochwertige Rohstoffe für spezielle Gläser zu gewinnen.

Die Entwicklung der chemischen Forschung und chemischen Industrie in der DDR bis zu den gegenwärtigen Ergebnissen wäre nicht möglich gewesen ohne die ständig gewachsene Zusammenarbeit auf wissenschaftlich-technischem Gebiet mit der UdSSR und den anderen sozialistischen Staaten. Eine neue Etappe wurde im Sommer 1971 mit der Annahme des „Komplexprogramms für die weitere Vertiefung und Vervollkommnung der Zusammenarbeit und Entwicklung der sozialistischen ökonomischen Integration der Mitgliedsländer des RGW“ eingeleitet.

Ein hervorragendes Beispiel der neuen Qualität der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit ist die Entwicklung einer leistungsfähigen Anlage zur Gewinnung von Polyäthylen mit Hilfe eines Hochdruckverfahrens. Im Juli 1969 war das Abkommen über die Zusammenarbeit zur Bewältigung dieses komplizierten technologischen und chemischen Prozesses abgeschlossen worden. Bereits im August 1971

konnten Spezialisten aus Leuna und Leningrad, aus Karl-Marx-Stadt und Moskau ihr Gemeinschaftswerk „Polymir 50“ vorstellen. Zum selben Zeitpunkt konnte mit dem Aufbau der ersten Anlage mit einer Jahresproduktion von über 50 000 t in der UdSSR begonnen werden.

Neben bilateralen Abkommen und Projekten stehen heute gemeinsame Maßnahmen zur Schaffung zusätzlicher Kapazitäten auf wichtigen Produktionsgebieten durch die Zusammenarbeit mehrerer oder aller RGW-Länder. Ein derartiges Vorhaben ist der Bau eines großen Zellstoffwerkes in Ust-Ilim in der UdSSR, woran auch die DDR beteiligt ist. Ein anderes Beispiel der Zusammenarbeit der sozialistischen Länder ist der Bau hochproduktiver Anlagen gemeinsam von der DDR und der ČSSR, mit deren Hilfe in Piesteritz aus sowjetischem Erdgas Ammoniak und Harnstoff erzeugt werden kann. Um die Versorgung mit petrolchemischen Rohstoffen langfristig zu sichern, wurde zwischen der DDR und der ČSSR eine Äthylenverbundleitung errichtet, die zwischen Böhmen und Záluží verläuft.

Durch Bildung von gemeinsamen Forschungsstätten und Forscherkollektiven können wissenschaftlich-technische Probleme gelöst werden, die von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung sind. In Klin in der UdSSR arbeiten Techniker und Chemiker der DDR und der UdSSR an der Entwicklung hochproduktiver Verfahren und der erforderlichen Ausrüstungen zur Herstellung von Polyamidseide. Als Beispiele für die sich vertiefende Zusammenarbeit gerade auf dem Gebiet der Chemie müssen die in den letzten Jahren entstandenen Wirtschaftsvereinigungen gesehen werden. Der Gründung von INTERCHIM folgten die Vereinigungen INTERCHEMIE-FASER, DOMOCHIM und ASSOFOTO. Im Rahmen von ASSOFOTO wird die Forschungs- und Produktionstätigkeit von über 50 000 Arbeitern, Ingenieuren und Wissenschaftlern gemeinsam geplant. Hier werden neue Wege der sozialistischen Integration und insbesondere der gemeinsamen Planungstätigkeit beschritten. Die Entwicklung der chemischen Industrie, der Lehre und Forschung in der DDR ist eine Bestätigung dafür, daß der feste Bruderbund mit der Sowjetunion und den anderen Ländern der sozialistischen Staatengemeinschaft der DDR einen breiten Zugang zu den Früchten von Wissenschaft und Technik ermöglichte.

Der IX. Parteitag der SED, 1976, beriet über den weiteren Ausbau der materiell-technischen Basis der entwickelten sozialistischen Gesellschaft zur Schaffung der grundlegenden Voraussetzungen für den allmählichen Übergang zum Kommunismus. Grundlage für die weitere dynamische Entwicklung der DDR ist die Direktive des IX. Parteitages zum Fünfjahrplan für die Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR in den Jahren 1976 bis 1980. Die Bedeutung der Chemie kommt darin zum Ausdruck, daß für die Produktion chemischer Erzeugnisse wiederum ein überdurchschnittliches Wachstum vorgesehen ist [11; S. 51].

Schwerpunkt wird die Erschließung und Aufbereitung einheimischer Rohstoffe auch weiterhin sein. Die Suche und Erkundung von festen mineralischen Rohstoffen wird mit dem Ziel der Erweiterung der Braunkohlengewinnung, der Kaliproduktion und der Glas- und Keramikrohstoffe geführt. Eine große Rolle spielen dabei die Arbeiten am Forschungsinstitut für Aufbereitung des Forschungsbereiches Chemie der Akademie der Wissenschaften der DDR und von Forschungseinrichtungen der Bergakademie Freiberg.

Bereits in den Jahren 1971 bis 1975 wuchs die Produktion chemischer Erzeugnisse überdurchschnittlich. Bedeutende Produktionskapazitäten für Erzeugnisse der petrolchemischen Verarbeitung der Chemiefaserindustrie, der Polyurethancchemie, für Düngemittel und Pflanzenschutzmittel wurden geschaffen. Im kommenden Fünfjahrplan besteht die Aufgabe der chemischen Industrie darin, die Rohstoffbasis der Volkswirtschaft zu stärken und die Bevölkerung stabil mit industriellen Konsumgütern zu versorgen. Hierzu soll die Steigerung der Produktion von Plastwerkstoffen und synthetischen Faserstoffen beitragen. Bis 1980 ist mit dem Aufbau einer mikrobiologischen Industrie zu beginnen.

In der Grundlagenforschung werden solche Gebiete, wie Quantenchemie, Katalyseforschung, Analytik, theoretische Grundlagen der Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe, Silikat-, Phosphat- und Halogenchemie, Elektrochemie, chemische Toxikologie, besondere Beachtung finden. Eine große Rolle spielt die chemische Technologie, deren Aufgabe es ist, die Entwicklung von Erzeugnissen mit hohen Gebrauchs-eigenschaften auf der Basis einer begrenzten Anzahl von Rohstoffen und Zwischen-

produkten sowie unter Einbeziehung einheimischer Ressourcen zu sichern. Beispiele für die Nutzung neuer Technologien sind die Rationalisierung der PVC-S-Produktion in Buna, die Akrylnitrilsynthese in Schwedt durch neue Katalysatoren aus Leuna sowie die neuen Technologien für die Paraffinextraktion und für die technische Nutzung mikrobiologischer Prozesse.

In den kommenden Jahren wird die Kohle weiter als chemischer Rohstoff Beachtung finden. Die DDR verfügt heute noch über eine beachtliche Kapazität zur Kohleveredlung. Es wird eine Aufgabe in den nächsten Jahren sein, diesen reichen Erfahrungsschatz zu erfassen und für die Zukunft aufzubereiten.

Die in mehr als drei Jahrzehnten erreichten Ziele sind das Werk der Arbeiter, Techniker und Wissenschaftler der chemischen Industrie der DDR und der chemischen Lehre und Forschung an den Akademien und Hochschulen. Neue Beziehungen zwischen der Arbeiterklasse und der Intelligenz haben sich herausgebildet. Neben den Forscher und Lehrer an unseren Hochschulen und Universitäten trat der Neuerer in der Produktion. Die Herausbildung der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit äußert sich nicht zuletzt darin, daß Kollektive der chemischen Industrie und Forschung ausgezeichnet wurden, in denen der Wissenschaftler, der Laborant und der Facharbeiter gemeinsam Anerkennung ihrer Leistungen fanden. Neue Organisationsformen und Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Produktion wurden entwickelt, eine neue sozialistische Intelligenz wuchs heran.

Das auf dem IX. Parteitag angenommene Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands räumt der Förderung der Wissenschaften eine große Bedeutung ein. In den kommenden Jahren werden neben einer umfassenden Entwicklung der Grundlagenforschung der chemischen Industrie bedeutende Aufgaben zukommen, wobei die Bereitstellung industrieller Konsumgüter im Bereich der chemischen Industrie auf mindestens 130 Prozent erhöht werden soll.

Stabilisierung der chemischen Wissenschaft

Paracelsus

Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, genannt *Paracelsus*, wurde am 10. November 1493 bei Einsiedeln (Schweiz) geboren. *Paracelsus* lebte in einer Zeit, in der sich Westeuropa von den Fesseln des Feudalismus zu befreien begann und sich erste kapitalistische Produktionsformen herausbildeten. Eine der größten ökonomischen, wissenschaftlichen und kulturellen Umwälzungen bahnte sich an. Ein Jahr vor *Paracelsus*' Geburt hatte *Christoph Columbus* Amerika entdeckt, sechs Jahre später fand *Vasco da Gama* den Seeweg nach Indien und öffnete dem Handel mit ostindischen Waren neue Tore. Als junger Mann von 24 Jahren erlebte *Paracelsus* den Kampf *Luthers* gegen die erstarrten Dogmen der katholischen Kirche, und in den Jahren 1524 und 1525 wurde er Zeuge der Kämpfe, die die unterdrückten Bauern in Europa gegen die Feudalherren führten. Sein Lebensabend schließlich stand unter dem Zeichen des sich durchsetzenden heliozentrischen Weltbildes, das *Kopernikus* in endgültiger Form dann 1543 in seinem revolutionierenden Werk „Über die Bewegung der Himmelskörper“ entwickelte. Es war eine Zeit, schrieb *F. Engels*, „die Riesen brauchte und Riesen zeugte, Riesen an Denkkraft, Leidenschaft und Charakter, an Vielseitigkeit und Gelehrsamkeit“ [5; S. 8].

Paracelsus wandte sich wie sein Vater dem Studium der Medizin zu. Er studierte in Deutschland, Frankreich und Italien. 1515 erwarb er in Florenz den Grad des „*utriusque medicinae doctor*“. Doch sein erlangtes Wissen befriedigte ihn nicht. Er sah, daß die aus der Antike überlieferten und nur wenig veränderten medizinischen Lehren in der Praxis oft versagten, und war bestrebt, dieses Wissen durch Erfahrungen und neue Überlegungen zu bereichern. Er suchte deshalb Ärzte, Bader, Apotheker und Alchimisten auf und durchwanderte ganz Europa.

1524 wollte er sich in Salzburg niederlassen, aber sein Eintreten für die um ihre Freiheit kämpfenden Bauern zwang ihn zur Flucht. 1526 hielt er sich in Straßburg auf, 1527 folgte er einer Berufung als Stadtarzt nach Basel. *Paracelsus* hatte dort u. a. ein antikes medizinisches Lehrbuch im Johannisfeuer verbrannt und die Vorlesung in deutscher, statt in lateinischer Sprache gehalten. Mit diesem Schritt hatte *Paracelsus* den Versuch unternommen, eine grundsätzliche Abkehr von der unter theologischer Vormundschaft erstarrten Medizin des Mittelalters zu demonstrieren.



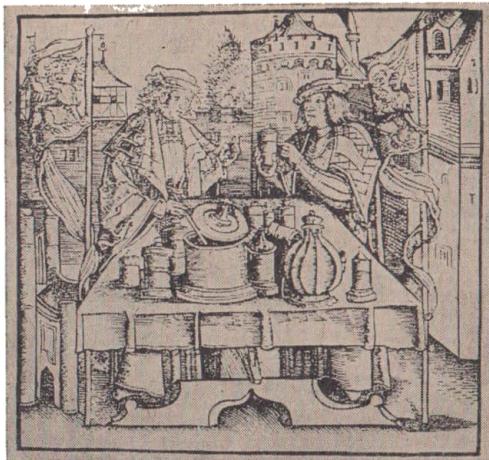
Philippus Aureolus
Theophrastus Bombastus von Hohenheim,
genannt Paracelsus
1493 bis 1541

Dieses revolutionäre Auftreten, ein Bruch mit der alten scholastischen Lehrmeinung, rief den Protest der Scholastiker hervor. Die philosophischen Ansichten *Paracelsus'*, die er in seinen zahlreichen Büchern niedergelegt hat, beziehen sich vor allem auf die Beziehungen zwischen Natur und Mensch und auf eine neue Gesellschaftsordnung, die allen Gliedern der Gesellschaft Arbeit und Anteil am Ergebnis der Arbeit sichert. In seinen Werken ist seine Stellungnahme gegen die naturwissenschaftsfeindliche Ideologie des Mittelalters und eine Gesellschaftskritik gegen Feudalismus und Frühkapitalismus eingeschlossen [12; S. 31 ff.]. *Paracelsus* mußte Basel 1528 fluchtartig verlassen. Er arbeitete danach im Elsaß, in Deutschland und in der Schweiz sowie in Salzburg, wo er am 24. Dezember 1541 starb.

Bereits als Student hatte sich *Paracelsus* für die chemische Lehre interessiert, hatte experimentiert und in Berg- und Hüttenwerken gearbeitet. Er erkannte die große Bedeutung der Chemie für die Medizin und suchte sie ihr dienstbar zu machen. So wurde *Paracelsus* zum Wegbereiter einer neuen Richtung in der Medizin und Chemie, der sogenannten Jatrochemie.

Als *Paracelsus* studierte, war die Chemie an den Universitäten noch kein Lehrfach. An den Hochschulen lehrte man nur ihren „theoretischen“ Teil im Rahmen der Philosophie und legte allgemeine Ansichten über Entstehen und Vergehen der Stoffe dar. Die praktisch-chemische Tätigkeit wurde von Handwerkern, Apothekern und einer Vielzahl von Alchimisten ausgeübt. Letztere besaßen für ihre „Transmutations“-Versuche nicht nur die praktischen Erfahrungen und Rezepte ihrer Vorgänger, sondern stützten sich dabei auch auf alte naturphilosophische Lehren, die in der griechischen Philosophie bis zu *Aristoteles*, *Empedokles* und *Leukipp* bzw. *Demokrit* zurückverfolgt werden konnten. Nach diesen Lehren waren alle Stoffe in der Natur zusammengesetzt aus einfacheren, den sogenannten Elementen. Solche Elemente waren in der Lehre von *Leukipp* und *Demokrit* die Atome, kleinste Teile einer qualitätslosen Urmaterie, die nur in Größe und Gestalt unterschieden sein und deren mechanische Mischung und Entmischung zu den verschiedenartigsten Gebilden und damit zu der Vielzahl der qualitativ verschiedenen Stoffe führen sollten.

Nach der Lehre von *Empedokles* waren solche Elemente: Feuer, Wasser, Luft und



Erde. Er dachte sie sich aus kleinsten Splittern bestehend, deren verschiedenartige mechanische Mischung und Entmischung durch die ihnen innewohnenden Bewegungs-Prinzipien „Liebe“ und „Haß“ zu den verschiedensten Stoffen führen sollten. Nach *Aristoteles*’ Lehre sollten die Stoffe ebenfalls aus den 4 Elementen bestehen. Da ihm jedoch die mechanische Mischungslehre *Empedokles*’ nicht ausreichte, um die qualitativen Sprünge bei chemischen Veränderungen begreiflich zu machen, wandelte er dessen Lehre ab. Er ging von der Annahme aus, daß allen Stoffen eine Urmaterie zugrunde liegt, die die 4 Eigenschaften kalt, warm, trocken und feucht besitzt. Durch Paarung der Eigenschaften sollten die 4 Elemente: Feuer (heiß und trocken), Erde (trocken und kalt), Wasser (kalt und feucht) und Luft (feucht und warm) entstehen, die wiederum der Möglichkeit nach (potentiell) am Aufbau aller Stoffe beteiligt waren. So sollten zum Beispiel Knochen „aktuell“ vorwiegend aus „Erde“ bestehen, aber „potentiell“ „Feuer“ enthalten, da sich beim Verbrennen die Eigenschaft „kalt“ in „warm“ und somit „Erde“ in „Feuer“ verwandelte. Prinzipien der Veränderung, der Bewegung, waren für *Aristoteles* die der Materie innewohnenden Gegensätzlichkeiten, deren verschiedenartiger innerer Ausgleich die besonderen Eigenschaften der Stoffe oder deren spezifische „forma“ hervorrief.

Als im Zeitalter des Hellenismus, durch den Aufschwung des Handels und der Geldwirtschaft, Gold und Silber zum allgemeinen Wertmesser der Waren geworden waren, glaubten viele, die naturphilosophischen Kenntnisse praktisch zur Herstellung dieser relativ seltenen edlen Metalle aus unedlen anwenden zu können, die in ausreichender Menge vorhanden waren. Es entwickelte sich die Lehre von der „Transmutation“ (Verwandlung), nach der nur die innere Mischung, das Gleichgewicht der Elemente, verändert zu werden brauchte, um Stoffe mit anderen Eigenschaften herstellen zu können. Diese Lehre wurde in der Niedergangsperiode der Sklavenhaltergesellschaft besonders stark mit religiös-mystischen Vorstellungen verbrämt. Im 8. Jahrhundert wurden diese Lehren dann von den Arabern übernommen, die die Vorstellung hinzubrachten, daß sich bei der Entstehung von Metallen nicht die Elemente direkt verbänden, sondern zuerst Schwefel (aus Feuer und Luft) und Quecksilber (aus Wasser und Erde) entstünden, die dann die verschiedenen



Metalle aufbauten. Diese Schwefel-Quecksilber-Theorie wurde im 13. Jahrhundert durch die Schriften des Alchimisten *Geber* in Europa bekannt und beeinflußte auch die Ansichten des *Paracelsus*, der die alchimistischen Lehren bei seinen autodidaktischen Studien kennengelernt hatte.

Paracelsus ging ebenfalls von der Annahme aus, daß alle Stoffe aus den 4 Elementen bestehen. Ihre Fähigkeiten, sich zu vereinigen und zu trennen, schrieb er ebenfalls gewissen Prinzipien zu, die aber bei ihm einen substanzuellen Charakter erhielten. Er führte 3 solcher Prinzipien ein: Schwefel als Prinzip der Brennbarkeit, Quecksilber als Prinzip der Schmelzbarkeit und Salz als Prinzip der Feuerbeständigkeit. Jedes der 4 Elemente sollte diese Prinzipien enthalten, deshalb schrieb er: „Ein ietlich element stet in dreien dingen: in mercurio, sulphure und sale...“ [13; S. 137].

Das wesentlich Neue in *Paracelsus'* Lehre war nun, daß er alle Körper, also auch den menschlichen Organismus, aus diesen Prinzipien aufgebaut dachte. Beim gesunden Menschen sollten die drei Prinzipien in einem natürlichen Gleichgewicht stehen, das beim Kranken gestört war. Folglich glaubte *Paracelsus*, dieses gestörte Gleichgewicht mit Hilfe bestimmter chemischer Substanzen wiederherstellen zu können. Er forderte darum von der Chemie: „Nicht als die sagen, alchimia mache gold, mache silber; hie ist das fürnemen: mach arcana und richte dieselbigen gegen den krankheiten“ [13; S. 185].

Paracelsus betrachtete es daher als vordringlichste Aufgabe, nach solchen chemischen Stoffen zu suchen, die als Heilmittel angewendet werden konnten.

Er prüfte die Wirkung verschiedener Salze, wie der des Kupfers, des Bleies, des Silbers, des Quecksilbers und des Antimons, auf ihre Verwendbarkeit als Heilmittel. Er verwendete auch Arsenverbindungen. Seine Quecksilberpräparate hatten damals besonders aktuelle Bedeutung, da sie erfolgreich gegen die sich verbreitende Syphilis eingesetzt werden konnten.

Er stellte der Chemie eine neue konkrete Aufgabe, indem er Ärzte und Apotheker aufforderte, Arzneimittel herzustellen. Dadurch wurde die Herausbildung der chemischen Wissenschaft gefördert, denn die Herstellung der Medikamente durch Ärzte

51

Wörter In Das I Buch
Der Archidoxis Magiae

So wünscht mir das mein für
dieß Vorwerk, jetzt kann ich beginnen
kennen zu können, das mich
kräftiglich will leicht ab was
vergessen werden,
dieser veränderungswürdig
Krothum geliebt. Das in den
abstufungen, mit den frischen
verändert sind, haben,
dann es werden es oftzeitig
für Herrscher ist. Ein
berührt, und verurteilt,
ließ, und auf, und
Sieg, und für ein gewisse
und Abgeordnete mit
angemt, als ob man,

und Apotheker verlangte beachtliche wissenschaftliche Kenntnisse und praktisch-chemische Fertigkeiten. Ärzte und Apotheker wurden somit durch ihre Tätigkeit gezwungen, ihr Wissen zu festigen und ständig zu erweitern. „So nun ein arzt die ding sol wissen, so stehet ihm zu, das er ein wissen hab, was calciniren sei, was sublimiren sei, nicht allein mit der hand, sonder mit der veränderung auch darinnen, daran mer ligt dan an dem andern“ [13; S. 187], schrieb *Paracelsus* zum Beispiel. Die Arzneien mußten nicht nur vorschriftsmäßig und möglichst rein, sondern auch in den richtigen quantitativen Verhältnissen hergestellt werden. Sie mußten in der Praxis geprüft und durch neue, geeignetere ergänzt werden.

Man hatte sich daher mit den Stoffen und den Stoffumwandlungen zu beschäftigen, jedoch nicht mit dem alchimistisch eng begrenzten Ziel, Gold zu machen, sondern mit dem Ziel, die Eigenschaften der chemischen Substanzen zu erforschen und neue und bessere Verbindungen herzustellen. Die Chemie wurde so von der wissenschaftlichen Seite her stärker beachtet und fand als medizinische Chemie oder Jatrochemie zum ersten Male Eingang an den Universitäten, wo sie im Rahmen der medizinischen Fakultäten gelehrt wurde. Schon zu Beginn des 17. Jahrhunderts mußte der Jatrochemie ein eigener Lehrstuhl an der Universität Marburg eingerichtet werden.

Robert Boyle

Robert Boyle wurde am 25. Januar 1627 in der irischen Stadt Lismore geboren. Sein Vater, ein reicher Feudalherr, hinterließ ihm ein ansehnliches Vermögen, das ihm gestattete, sich allseitig zu bilden, nacheinander die Naturwissenschaften und Medizin zu studieren, mehrere alte Sprachen zu erlernen und sich gründlich mit religionsgeschichtlichen Fragen zu beschäftigen. Am 30. Dezember 1691 starb er in London.

Boyle lebte in einer Epoche großer gesellschaftlicher und geistiger Auseinandersetzungen. Als er 13 Jahre alt war, begann in England die bürgerliche Revolution, die sich in den Bürgerkriegen fortsetzte. Durch diese Ereignisse wurde der feudale Staatsapparat beseitigt und der kapitalistischen Entwicklung der Weg geebnet.



In der Philosophie spiegelten sich die verschärften Klassengegensätze im Ringen zwischen Idealismus und Materialismus wider, wobei die frühen materialistischen Philosophen die Weltanschauungen der fortgeschrittensten Teile der Gesellschaft vertraten und entwickelten. Verschiedene materialistische Lehren dieser Zeit trugen noch theologische Züge und waren inkonsequent. Diese Erscheinung trat auch in der Weltanschauung englischer Naturforscher des 17. Jahrhunderts auf und erklärt sich aus den Kompromissen, die von der jungen und meist religiös befangenen Bourgeoisie mit den alten Feudalmächten gesucht wurden. So ist es nicht erstaunlich, daß *Boyles* Weltanschauung religiöse Tendenzen enthält und er auf dem Gebiet der Philosophie versuchte, Wissenschaft und Religion miteinander zu versöhnen. Trotz seiner starken religiösen Neigungen wurde *Boyle* aber durch seine wissenschaftlichen Arbeiten zu einem der Wegbereiter des mechanischen Materialismus in den Naturwissenschaften. Den großen Vorbildern der Renaissance folgend, war auch er entschlossen, selbständig denkend, die Erfahrungen zum Kriterium der Wahrheit zu erheben, so wie es kurze Zeit vor ihm sein Landsmann *Francis Bacon* gefordert hatte. *Boyle* war von den Ansichten *Bacons*, den *Marx* den „wahren Stammvater des englischen Materialismus und aller modernen experimentierenden Wissenschaften“ nannte, stark beeindruckt. Hinsichtlich *Bacons* Ansichten über die Rolle der Naturwissenschaften und die Organisation wissenschaftlicher Arbeit, vor allem aber die alleinige Anerkennung der Erfahrung als Kriterium der Wahrheit, finden sich auch bei *Boyle* entsprechende Bemerkungen. Zeitgenossen *Boyles* waren die bedeutenden englischen Philosophen *Thomas Hobbes* und *John Locke*, der französische Philosoph *René Descartes* und der holländische materialistische Denker *Benedikt Spinoza*. Ihre philosophischen Lehren trugen wesentlich dazu bei, das scholastische Weltbild zu überwinden.

Boyle suchte die fortschrittlichen Anschauungen in der Naturwissenschaft anzuwenden. Er forderte, daß nur die theoretischen Anschauungen zukünftig Geltung haben sollten, die durch Beobachtungen und Experimente geprüft waren. Außerdem setzte er sich dafür ein, wissenschaftliche Erkenntnisse in der Produktion nutzbar zu machen, und unterstützte auf diese Weise die Interessen des entstehenden Bürgertums.

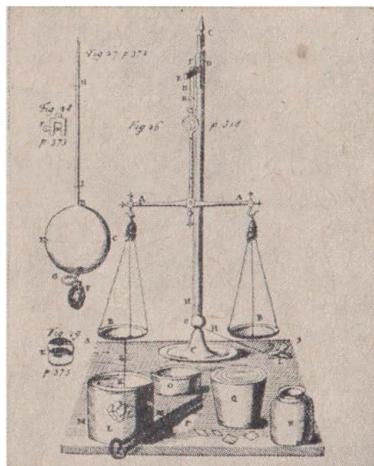


Ein gleiches Ziel wie *Boyle* verfolgten auch andere fortschrittliche englische Gelehrte. Sie mußten zunächst ihr Wirken vor der kirchlichen Reaktion geheimhalten und trafen sich regelmäßig in der Wohnung eines Arztes. Dort diskutierten sie die neuesten naturwissenschaftlichen Beobachtungen und Entdeckungen. *Boyle* war einer der Initiatoren dieses „invisible college“, aus dem später, im Jahre 1663, die englische Akademie der Naturwissenschaften, die Royal Society, hervorging.

Boyle betrachtete die chemischen Probleme nicht aus alchimistischer oder jatrochemischer Sicht, sondern ging an sie von einem ausgesprochen erkenntnistheoretischen Standpunkt heran. Er schrieb dazu unter anderem: „Die Chemiker erblickten ihre Aufgabe in der Verbreitung von Heilmitteln, in der Extraktion und Transmutation der Metalle. Ich habe versucht, die Chemie von einem ganz anderen Standpunkt aus zu behandeln, nicht wie dies ein Arzt oder Alchimist, sondern ein Philosoph zu tun hat. Läge den Menschen die wahre Wissenschaft mehr am Herzen als ihre eigenen Interessen, so könnte man ihnen leicht nachweisen, daß sie der Welt den größten Dienst leisten würden, wenn sie alle ihre Kräfte einsetzen, um Versuche anzustellen, Beobachtungen zu machen und keine Theorien auszusprechen, ohne zuvor die darauf bezüglichen Erscheinungen geprüft zu haben“ [14; S. 82].

Boyles grundlegende chemische Veröffentlichung ist sein Werk „Der skeptische Chemiker“. Es erschien im Jahre 1661 in englischer Sprache. In dieser Schrift wies er als erster an Hand zahlreicher chemischer Experimente nach, daß die in der Chemie seiner Zeit herrschenden Begriffe die objektive Realität völlig unzulänglich widerspiegeln. Die alchimistische und jatrochemische Zielstellung der Chemie hatte die Forschung nach den Ursachen der Stoffumwandlungen ausgeschlossen und zu keinem Konflikt mit den peripatetischen (aristotelischen) und spagirischen (arabisch-paracelsischen) Elementenlehren geführt. Zu *Boyles* Zeiten aber, als man begann, die wirkliche Zusammensetzung der Stoffe zu erforschen und nach den Gesetzen der chemischen Umsetzungen zu suchen, mußten die Wissenschaftler auf die Unzulänglichkeit der alten Begriffe stoßen.

Boyle setzte sich vor allem mit der Drei- bzw. Vierelementenlehre an Hand experimenteller Ergebnisse auseinander. Nach diesen Lehren wurde als Element ein Stoff



bezeichnet, der nicht zusammengesetzt und nicht zerlegbar war. Diese Kriterien für ein chemisches Element beruhten auf der Ansicht, daß man bei der chemischen Analyse durch das Feuer die Elemente entdecken würde. Stoffe, die sich im Feuer nicht veränderten, sollten Elemente sein.

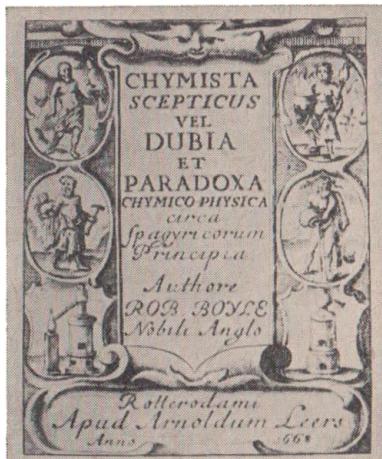
Boyle ging in seinem Buch von fünf Hauptfragen aus, an die er seine Kritik an den noch geltenden Ansichten knüpfte:

1. Ist das Feuer der allgemeine Analysator aller Körper?
2. Sind die Erhitzungsprodukte, die man so erhält, wirklich Elemente oder Prinzipien?
3. Ist die Zahl der Produkte, die man als Elemente oder Prinzipien anspricht, wirklich drei oder vier?
4. Gibt es wirklich das, was man Element Salz, Element Schwefel, Element Quecksilber nennen könnte?
5. Gibt es überhaupt wirklich Elemente oder Prinzipien?

Durch viele chemische Experimente wies Boyle überzeugend nach, daß man das Feuer nicht als den allgemeinen Analysator der Körper betrachten dürfe, der aus ihnen die Elemente abscheidet, da das Feuer auch in der Lage sei, die Stoffe, die eine bestimmte Substanz aufbauen, sehr stark zu verändern. Infolgedessen konnten auch die Erhitzungsprodukte keine Elemente oder Prinzipien sein.

Boyle wies auch nach, daß es Stoffe gibt, die sich überhaupt nicht in drei andere zerlegen lassen, zum Beispiel Gold oder Glas, und auch solche, aus denen man mehr als nur drei oder vier Stoffe abscheiden kann, deren chemische Eigenschaften wie die von Elementen unveränderlich sind. Auf Grund seiner Experimente und Überlegungen schloß Boyle, daß weder die peripatetischen noch die spagirischen Elemente wirklich bestehen könnten. Mit Hilfe des unantastbaren praktischen Beweises demonstrierte er den Chemikern, daß ihre Vorstellungen nicht den wirklich vorstatten gehenden chemischen Umsetzungen entsprachen.

An Stelle des alten aristotelisch-paracelsischen Theoriengebäudes versuchte Boyle, ein neues aufzubauen, indem er an die neu belebten atomistischen Theorien anknüpfte, an Philosophen wie Gassendi, Sennert, Descartes und Bacon. Boyle lehrte,

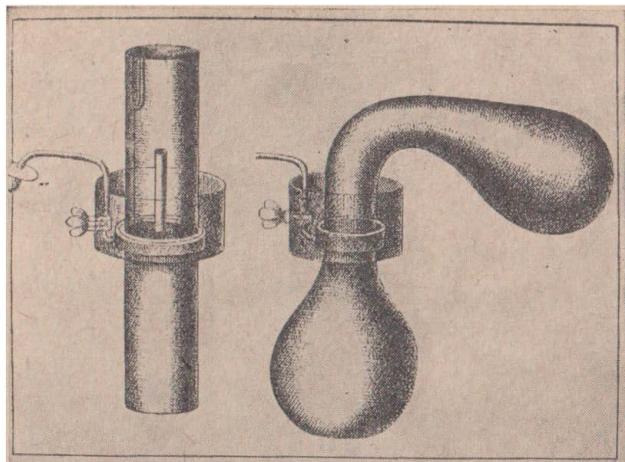


daß die Welt aus vielen winzig kleinen Urbausteinen, aus Korpuskeln einer einheitlichen Urmaterie aufgebaut sei. Diese Korpuskeln betrachtete er als verschieden in Größe, Masse und Gestalt und als Träger der Bewegung. Sie sollten sich vereinigen und trennen und strukturell und dadurch qualitativ unterschiedene Stoffe bilden, wie Wasser, Eisen, Quecksilber, Erde etc.

Feuer, Wasser, Luft, Quecksilber, Schwefel waren nach Boyles Meinung keine Elemente im Sinne von *Aristoteles* bzw. *Paracelsus*, sondern nur verschiedene Strukturformen einer stofflichen einheitlichen Materie. In diesem Sinne schrieb er: „Unter diesen Umständen kann man sich wohl denken, daß mich nichts zu der Absurdität nötigt, zu leugnen, daß es Körper wie Erde und Wasser, Quecksilber und Schwefel gibt. Aber ich betrachte Erde und Wasser als Bestandteile des Weltalls oder vielmehr des Erdballs; nicht aller gemischten Körper. Die verschiedenen... Elemente ... sind meiner Meinung nach nur verschiedene Gebilde der Materie oder Substanzen, welche sich nur in bezug auf die Beschaffenheit und einige sehr wenige andere Eigenschaften in Geschmack oder Geruch oder Entzündbarkeit... unterscheiden“ [15; S. 85].

Boyles „Skeptischer Chemiker“ war bald vergriffen. Das Buch wurde ins Lateinische übersetzt und in zahlreichen Auflagen in allen europäischen Ländern verbreitet. Die große Nachfrage nach diesem Werk demonstriert, daß die Situation in der gesellschaftlichen Entwicklung gegeben war, auf dem Gebiete der Chemie einen Schlußstrich unter die alten Theorien zu ziehen, die dem Kriterium der Praxis nicht länger standhielten.

Boyle entwickelte im Rahmen seiner vielseitigen experimentellen Tätigkeit neue Methoden zur Reinigung der Stoffe. Er entdeckte auch, daß gewisse Pflanzensaft, wie Lackmus oder Veilchensaft, beim Zusammenbringen mit Säuren oder Basen die Farbe ändern, und führte die Indikatoren in die Chemie ein. Dadurch konnte er die Salze in saure, alkalische und in – wie er sagte – flüchtige oder schwefelartige einteilen. Boyle ging bei seinen Untersuchungen vorzugsweise analytisch vor. Er benutzte die bis zu seiner Zeit nahezu ausschließlich gebräuchliche Prüfung auf trockenem Wege und arbeitete zusätzlich die Prüfung auf nassem Wege aus. Er lehrte



zum Beispiel, daß man Ammoniak mit Kalkmilch aus seinen Verbindungen abtrennen und mittels Salzsäuredämpfen nachweisen könne. Die Eigenschaft der Kalziumsalze, mit Schwefelsäure einen schwerlöslichen Niederschlag zu bilden, nutzte er für den Nachweis beider Stoffe aus. Er verwendete auch die Reaktion zwischen Salzsäure und Silbersalzen für analytische Zwecke. Die verschiedenen Färbungen der Metallsalzlösungen und -niederschläge zog er als analytische Charakteristika heran.

Boyles Schriften enthalten eine Fülle einzelner, neuer Beobachtungen, die für die Entwicklung der analytischen Chemie von großer Bedeutung waren.

Neben den rein wissenschaftlichen Problemen und experimentellen Fragen interessierte Boyle auch die gewerbliche Seite der Chemie. Persönlich und als Mitglied der Royal Society hat er an zahlreichen chemisch gewerblichen Problemen mitgearbeitet. Auf bergbaulichem und metallurgischem Gebiet führte er die Methode ein, Erzproben auf nassem Wege zu analysieren, und arbeitete daran, die immer knapper werdende Holzkohle beim Verhüttungsprozeß durch Steinkohle zu ersetzen. Sein frühes Interesse an der atomistischen Theorie führte zur Beschäftigung mit den Problemen des Luftdruckes und der physikalischen Eigenschaften der Gase. Mit seinem Mitarbeiter Robert Hooke führte er im Anschluß an die Experimente von Otto von Guericke und Evangelista Torricelli Versuche durch, aus denen um 1662 das Gesetz über die Beziehung zwischen Druck und Volumen eines Gases ($p \cdot v = \text{const}$) abgeleitet wurde. Nachdem später der Franzose Mariotte unabhängig von ihm dasselbe Gesetz fand, heißt es das Boyle-Mariottesche Gesetz.

Robert Boyle hat mit seinen theoretischen und praktischen Arbeiten auf die Entwicklung der Chemie in hohem Maße eingewirkt. Durch seine Kritik an den überkommenen Auffassungen zeigte er, daß die bisherigen Anschauungen falsch oder ungenügend waren. Er wies die Chemiker darauf hin, daß sie experimentieren müßten, um offene Fragen zu beantworten. Hatten die Arbeiten von Galilei, Torricelli und anderer die Physik definitiv von der Chemie getrennt, so stabilisierte Boyle die Chemie als Wissenschaft [5; S. 196].

Georg Ernst Stahl

Georg Ernst Stahl ist in die Geschichte der Chemie als Begründer der Phlogiston-chemie und in die Geschichte der Medizin neben *Boerhave* und *Hoffmann* als einer der großen Systematiker des 17. Jahrhunderts und auch als Begründer des Animismus¹ eingegangen.

Georg Ernst Stahl wurde am 21. Oktober 1659 in Ansbach geboren. Er studierte in den Jahren 1679 bis 1684 in Jena Medizin und Chemie und war anschließend Privatdozent in Jena. Von 1687 an war er Leibarzt des Herzogs von Sachsen-Weimar; 1694 berief ihn die Universität Halle als Professor der Medizin.

In Halle war das Bürgertum durch die Errichtung von Manufakturen, durch Beteiligung am Kupfer- und Steinkohlenbergbau und durch einen ausgedehnten Handel erstaunt. Anfang des 18. Jahrhunderts war diese Stadt ein Mittelpunkt der deutschen Frühaufklärung. An der Hallenser Universität wirkten u. a. *Ch. Thomasius* und *A. H. Francke*, Wegbereiter der deutschen Aufklärung und des Pietismus, mit denen *Stahl* zusammenarbeitete. *Stahls* Auffassung, daß die Wissenschaft der Naturerkenntnis und der Entwicklung der Produktion dienen sollte, zeigt seine enge Beziehung zur Aufklärung und zum Pietismus der Frühzeit. Besonders während seiner Hallenser Tätigkeit haben sich *Stahls* Anschauungen geformt und gefestigt.

Neben der medizinischen Lehrtätigkeit und Praxis lehrte und arbeitete *Stahl* in Halle auf chemisch-theoretischem und chemisch-praktischem Gebiet. Er erzog seine Schüler im Geist der Aufklärung. Die zu seiner Zeit noch üppig blühende Alchimie lehnte er ab und trat als einer der ersten entschieden für eine begriffliche Trennung von Chemie und Alchimie auf. Statt alchimistischer Gaukeleien versuchte *Stahl*, die Aufmerksamkeit der Chemiker auf die Erforschung chemischer Gewerbe zu lenken. 1715 wurde *Stahl* als Leibarzt des preußischen Königs *Friedrich Wilhelm I.* nach Berlin berufen. In Berlin entwickelten sich zu jener Zeit ebenfalls die Gewerbe, besonders die Seiden-, Woll- und Baumwoll-Manufakturen. Auch in dieser Stadt hatten sich unter *Pufendorfs*, *Leibniz'* und *Schlüters* Einfluß Wissenschaft und Kunst entfaltet.

¹ Eine Lehre, nach der die Lebensprozesse nicht allein durch mechanisch-chemische Reaktionen, sondern nur durch das Mitwirken einer „vernünftigen Seele“ (*anima rationalis*) zu erklären seien.

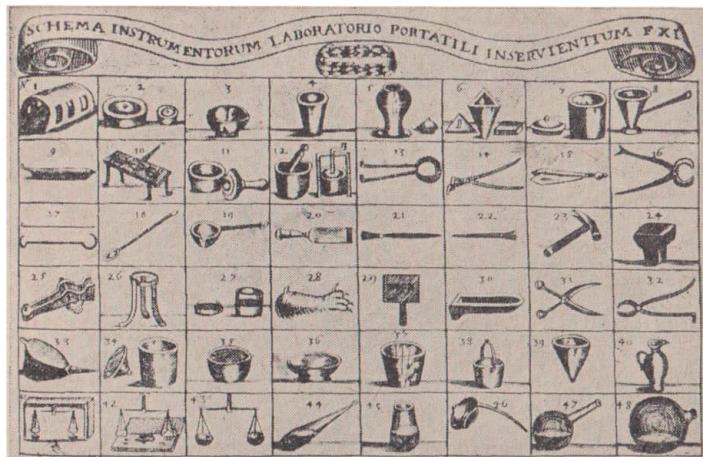


Friedrich Wilhelm I., der sparsam bis zum äußersten war, hatte die von seinem Vater geschaffenen wissenschaftlichen Einrichtungen, wie die Akademie der Wissenschaften, als „unnütz“ verkümmern lassen und verwandte die Staatsgelder vor allem zum Aufbau einer starken Militärmacht. Als Begründer des preußischen Militär- und Beamtenstaates war ihm an der Förderung einer bürgerlichen Entwicklung nichts gelegen. Aber zum Zwecke der Stärkung der militärischen Macht stellte er Gelder zur Verfügung, die u. a. auch der Förderung des preußischen Gesundheitswesens zugute kamen.

Stahl wurde zum Präsidenten des Collegium-Medicum, der obersten Gesundheitsbehörde Preußens, ernannt. Seinem Wirken ist auch die Einrichtung des sogenannten Collegium-Medico-Chirurgicum zu verdanken, der ersten Ausbildungsstätte vorwiegend für Militärärzte in Berlin. Hier wurde unter *Stahls* Leitung auch die Chemie als selbständiges Fach von den Chemikern *C. Neumann*, *J. H. Pott* und *A. S. Marggraf* gelehrt. *Stahl* starb am 14. Mai 1734 in Berlin.

Stahls chemisches Werk – die Begründung der Phlogistontheorie – hat einem ganzen Entwicklungsabschnitt der Chemie den Namen gegeben. Die Phlogistontheorie, die zum erstenmal den Oxydations-Reduktions-Vorgang theoretisch deutete, wird oft als eine rein spekulativ gefundene Lehre betrachtet. In Wirklichkeit war *Stahl* aber nicht durch bloße Spekulation zu seiner Theorie gelangt, sondern auf der Grundlage von Beobachtungen in der gewerblich-chemischen Praxis, die er mit dem Ziel angestellt hatte, die auf reiner Empirie beruhende chemische Produktion durch wissenschaftliche Einsicht zu verbessern. Besonders bei seinen Untersuchungen über das Hüttenwesen war *Stahl* auf den Oxydations-Reduktions-Prozeß aufmerksam geworden, der damals noch nicht erforscht war. Die Handwerker klagten darüber, daß ihnen beim Erhitzen und Gießen unedler Metalle ein Teil als „Asche“ oder „Kalke“ verlorenginge und sie kein Mittel wüßten, diese (Oxide) wieder in brauchbares Metall zurückzuverwandeln.

Beobachtungen in Hüttenwerken lenkten *Stahls* Aufmerksamkeit auf die Rolle der Holzkohle beim Reduktionsprozeß. Er bemerkte, daß sich zum Beispiel Zinnoxid, das auf geschmolzenem Zinn schwimmt, augenblicklich in metallisches Zinn zurück-



verwandelt, wenn es Holzkohle berührt. Ein gleiches Ergebnis ließ sich erzielen, wenn man Metalloxide mit dem Lötrohr auf Holzkohle schmolz.

Aus diesen Beobachtungen folgerte *Stahl*, daß bei der Verhüttung der metallischen Erze die Rolle der Kohle nicht allein darin bestehen könne, dem entstandenen Metall einen äußerlichen Schutz vor der Zugluft zu gewähren beziehungsweise im Ofen eine höhere Temperatur zu erzeugen, sondern vor allem darin, einen materiellen Beitrag zu dem Vorgang der Metallbildung zu leisten. *Stahl* schrieb darüber: „Die Sache selbsten war mir zuerst verdrießlich, daß nämlich, wenn ich eine recht saubere durchsichtige Schlacke aus metallischem Antimon gemacht hatte, und mir eine Kohle hineinfiel, das Antimon aus der Schlacke hurtig wieder niederfiel. Da mir aber dergleichen einige Male begegnet war, und ich daher Anlaß genommen, den Versuch ausdrücklich und vorsätzlich auf diesen Erfolg zu machen, solcher auch nicht nur richtig und unfehlbar eintraf, sondern ich auch aus der Schlacke soviel Antimon zurückhielt, wie ich anfangs Antimon verwendet hatte, da war es gewiß an der Zeit, die Sache mit etwas anderem Bedacht als bisher bei allen Chemikern durchgehend gewöhnlich gewesen, zu erwägen und deren wesentliche Ursachen besser nachzudenken“ [16; S. 4, 5]. *Stahl* nahm an, daß die Kohle einen Bestandteil enthalte, der die Metalloxide in Metall zurückverwandle. Er nannte ihn später Phlogiston und definierte die Reduktion der Metalle als eine Vereinigung der Metalloxide mit Phlogiston. Die Oxydation der Metalle, damals Verkalkung genannt, hielt er dann umgekehrt für einen Vorgang, bei dem Phlogiston entweicht. Er betrachtete die Metalle folglich als zusammengesetzte Stoffe, die als einen Bestandteil Phlogiston enthalten.

Die von *Stahl* gefundene Beziehung in diesem umkehrbaren Vorgang läßt sich in folgender Weise formulieren:

Zerlegung durch Erhitzen

Metall

Metallkalk + Phlogiston

←
+ Kohle (= nahezu reines Phlogiston).

Versuch einer

tabellarischen Zusammenstellung der Beziehungen zwischen den Stoffen nach Geoffrey

Nach den *Stahlschen* Vorstellungen ist also die Oxydation kein synthetischer, sondern ein analytischer Vorgang und die Reduktion kein analytischer, sondern ein synthetischer Prozeß.

Nach Stahls Lehre sind die Vorgänge, die beim Erhitzen der Metalle an der Luft oder beim Verbrennen von Holz oder Kohle ablaufen, prinzipiell gleich. Damit hatte Stahl erste wissenschaftliche Vorstellungen über den Verlauf chemischer Reaktionen entwickelt und gleichzeitig die Grundlagen für eine erste wissenschaftliche Systematisierung vieler chemischer Vorgänge geschaffen: die Herstellung von Metallen durch Erhitzen von Metalloxiden mit Kohle, die Bildung von Metalloxiden beim Erhitzen unedler Metalle (an der Luft) und alle Verbrennungsvorgänge. Von dieser theoretischen Warte aus war es möglich, auch die Praxis der Erzverhüttung zu erklären und zu verbessern. Die bloße Empirie konnte jetzt durch erste, freilich noch unzulängliche wissenschaftliche Erkenntnisse bereichert werden.

Die Phlogistontheorie, die rund 50 Jahre zur herrschenden chemischen Theorie wurde, förderte die Entwicklung der Chemie zur Wissenschaft. Als *Friedrich Engels* die Periode charakterisierte, in der sich die Naturwissenschaften seit den Entdeckungen *Kopernikus'* bis ins 18. Jahrhundert befanden, schrieb er dazu: „Die Chemie emanzipierte sich eben erst durch die phlogistische Theorie von der Alchimie“ [5; S. 11].

Dabei führte die Phlogistontheorie zu Widersprüchen, die sich aus ihrer unzureichenden Grundlage ergaben. *Stahl* konnte die Widersprüche nicht klären, da er im wesentlichen nur qualitativ arbeitete und die gasförmigen Reaktionsprodukte außerdem noch nicht Gegenstand chemischer Untersuchungen waren. Er schrieb auch dem Phlogiston vielfach eine negative Masse zu. Mit seiner Theorie schlug *Stahl* einen Weg ein, den zu verlassen späteren Chemikern schwer fiel. *Lomonossow*, *Scheele*, *Cavendish*, *Priestley* und andere Chemiker, die das Phlogiston zu isolieren suchten und auch die gasförmigen Reaktionsprodukte berücksichtigten, konnten ihre Ergebnisse nur durch, oft willkürliche, Zusatzhypothesen der *Stahlschen* Phlogistontheorie unterordnen. Erst durch exakte quantitative Untersuchungen gelang es schließlich im Jahre 1775 *Lavoisier*, ihre Fehler und Mängel aufzudecken und sie

Michail Wassiljewitsch Lomonossow
1711 bis 1765



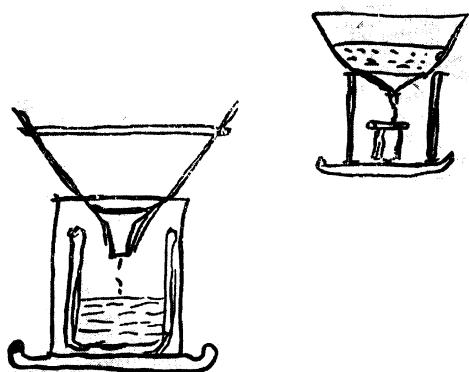
durch die Oxydationstheorie zu ersetzen. An diesem Beispiel erläuterte *Engels* den widerspruchsvollen Weg, den der Erkenntnisprozeß gehen kann und verglich das Verhältnis der Phlogistontheorie zur Oxydationstheorie mit dem Verhältnis der *Hegelschen Dialektik* zur *Marxschen* [5; S. 38, 39].

Wie die vorhergegangene Philosophie das Material lieferte, das von *Marx* verarbeitet wurde, „hat in der Chemie die phlogistische Theorie durch hundertjährige experimentelle Arbeit erst das Material geliefert, mit dessen Hilfe *Lavoisier* in dem von *Priestley* dargestellten Sauerstoff den reellen Gegenpol des phantastischen Phlogiston entdecken und damit die ganze phlogistische Theorie über den Haufen werfen konnte“ [5; S. 38, 39].

Die von *Stahl* angestrebte Beobachtung und Untersuchung der Natur und speziell der Produktionsverfahren sowie das Aufspüren der Ursachen und inneren Zusammenhänge der chemischen Vorgänge bildeten einen grundlegenden Bestandteil der Phlogistonchemie und setzten sich mit der Phlogistontheorie allgemein durch. Sie war für die Erziehung, Ausbildung und Arbeit der Chemiker von grundsätzlicher Bedeutung. Sie orientierte auf die Aufgaben, die alchimistische Spekulation wie den Empirismus in der Chemie zu überwinden, die Erfahrungen der chemisch-gewerblichen Produktion wissenschaftlich zu durchdringen, um dieses chemische Wissen zur Steigerung der Produktion anzuwenden.

Michail Wassiljewitsch Lomonossow

Lomonossow wurde zu einer Zeit geboren, als Rußland in eine neue Periode seiner Geschichte eingetreten war: im Schoße der Feudalordnung wuchsen bürgerliche Schichten der Gesellschaft heran, der feudalistische Staat leitete Maßnahmen ein, die der Entwicklung des Handels und der Industrie dienten. Besonders die von *Peter I.* durchgeführten Reformen spielten bei der Entwicklung der Produktivkräfte und der nationalen Kultur Rußlands eine progressive Rolle. Es wurden Straßen und Kanäle gebaut, die Eisengewinnung und -verarbeitung stieg rasch an, es entstanden Textilmanufakturen und Glasfabriken. Viele westeuropäische Handwerker



und Gelehrte wurden zu jener Zeit nach Rußland berufen, um die wissenschaftliche und technische Rückständigkeit des feudalen Staates überwinden zu helfen. Auch der Heranbildung einer eigenen Intelligenz wurde erstmals besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Peter I. bereitete die Bildung einer Akademie vor. 1725 wurde in der neugegründeten Hauptstadt Petersburg diese Akademie eröffnet. In den folgenden Jahren entstanden im Lande verschiedene Schulen. Große Teile der Feudalklasse standen dieser Entwicklung aber ablehnend oder gar feindlich gegenüber, und der gesellschaftliche Fortschritt konnte sich nur in ständigen Auseinandersetzungen mit diesen Kräften durchsetzen.

Michail Wassiljewitsch Lomonossow wurde am 19. November 1711 in Denissowka, unweit von Archangelsk, geboren. Sein Vater, der sich mit Küstenfischerei, Küstenschiffstransporten und ähnlichem beschäftigte, war der Meinung, daß seinem Sohn eine Elementarbildung genüge, denn er sollte ihm bei seiner Tätigkeit helfen. Doch *Lomonossow* hatte seine Liebe zur Wissenschaft entdeckt. Als der Küster seines Heimatortes ihn nichts mehr lehren konnte, verließ der Neunzehnjährige im Winter 1730 heimlich und gegen den Willen seines Vaters Denissowka und gelangte nach langer, beschwerlicher Reise mit einer Schlittenkolonne nach Moskau. Dort gab er sich als Sohn eines Geistlichen aus, um in die Spasski-Schule eintreten zu können. Die Spasski-Schule unterstand der Geistlichkeit; in ihrer scholastischen Beschränktheit gestattete sie es nicht, an der Schule die neuen naturwissenschaftlichen Anschauungen zu lehren. Erst als *Lomonossow* diese Schule absolviert hatte und als die Petersburger Akademie auf die wissenschaftliche Ausbildung junger russischer Menschen dringend hinwies, konnte er im Jahre 1736 in Petersburg Naturwissenschaften studieren. Die wirtschaftliche Entwicklung Rußlands verlangte Ingenieure, die besonders in der Metallurgie und auf dem Gebiet des Bergbaues ausgebildet waren. Da für eine solche Ausbildung in Rußland noch die Voraussetzungen fehlten, wurden einige der besten Studenten zum Studium nach Deutschland geschickt. Zu ihnen gehörte *Lomonossow*. Von 1736 bis 1741 hielt sich *Lomonossow* in Deutschland auf und studierte Naturwissenschaften, Technik und Philosophie.

Christian Wolff, 1679 bis 1754,
Lehrer Lomonossows in Marburg, Naturwissenschaftler
und Philosoph der deutschen Aufklärung

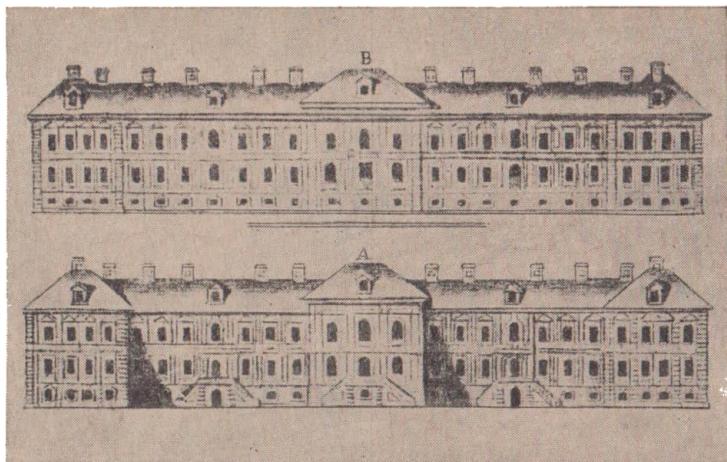


Unter Anleitung des Physikers und Philosophen *Christian Wolff* erweiterte *Lomonossow* an der Marburger Universität zunächst seine Allgemeinbildung. Er studierte bei *Wolff* Physik und machte sich mit der Philosophie *Descartes'*, mit der *Wolff-Leibnizschen* Philosophie und mit den Ideen der Aufklärung vertraut. Er studierte u. a. die Werke *Galileis*, *Keplers* und *Newton*s. Die Lehren der Phlogistonchemie lernte er erstmalig in den Vorlesungen des Chemikers *Duysing* kennen. Später beschäftigte er sich in Freiberg (Sachsen) bei Bergrat *Henckel*, einem Schüler *Stahls*, mit Mineralogie, Bergbau und Hüttenwesen. Ihn begeisterte besonders die neue praktische Zielsetzung der Chemie: die Erfahrungen der chemisch-gewerblichen Produktion der Wissenschaft zugänglich zu machen und chemisches Wissen zur Verbesserung der Produktion anzuwenden.

Nach der Rückkehr aus Deutschland wurde *Lomonossow* 1742 zum Adjunkt der Akademie ernannt und 1745 zum Professor der Chemie berufen. *Lomonossow* arbeitete hauptsächlich auf physikalisch-chemischem Gebiet, darüber hinaus beschäftigte er sich aber auch mit Sprachforschungen, verfaßte eine russische Grammatik, schrieb Oden, Gedichte, Dramen und betätigte sich als Geograph, Geologe und Astronom. Er gehörte zu den russischen Aufklärern.

Lomonossows wissenschaftlichen Arbeiten lagen materialistische Gedanken zugrunde. Er wandte sich gegen die religiös-idealistiche Ideologie, die er als ein Hemmnis für die Entwicklung der Wissenschaft betrachtete, und forderte, den Einfluß des Klerus auf das geistige Leben zurückzudrängen.

Seine philosophische Konzeption für die wissenschaftliche Arbeit ging über die Ansichten der Empiriker hinaus, indem er eine Verbindung von praktischen Erfahrungen mit dem theoretischen Denken anstrehte. Seine philosophischen Ansichten weisen ihn als einen überzeugten Materialisten aus, der den Prinzipien der mechanisch-materialistischen Philosophie zustimmte, darüber hinaus aber begann er, spontan dialektisch zu denken und den Entwicklungsgedanken in die Naturwissenschaften einzuführen. *Lomonossow* betrachtete es als seine vordringlichste Aufgabe, die theoretische Seite der Chemie weiterzuentwickeln. Während in Deutschland die Anhänger *Stahls* ihr Hauptaugenmerk auf die praktischen Aufgaben der Chemie rich-



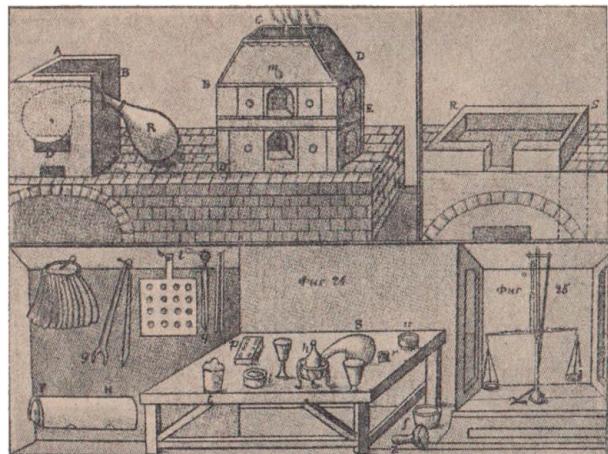
teten und die theoretischen Erkenntnisse durch die Phlogistontheorie als genügend entwickelt erachteten, erklärte *Lomonossow* u. a.: „Das Studium der Chemie hat zwei Ziele; einmal die Naturwissenschaften zu vervollkommen und zum anderen die Güter des Lebens zu mehren. Hinsichtlich des letzten Zieles... wurden... gute Erfolge erzielt, bei der Verfolgung des ersten Zieles jedoch... wurde so gut wie nichts zur Bereicherung der philosophischen Naturerkenntnis beigetragen“ [17; S. 195, 196].

Da in Rußland noch die Einrichtungen für umfangreiche experimentell-chemische Arbeiten fehlten, forderte *Lomonossow* den Bau eines chemischen Laboratoriums. Für dieses Projekt mußte er sich wiederholt nachdrücklich einsetzen. 1749 konnte er seine Untersuchungen im ersten russischen chemischen Laboratorium beginnen. Er erarbeitete dort unter anderem in mehreren tausend Versuchen ein Verfahren zur Herstellung von Mosaikgläsern. Nach seinen Angaben entstand eine Glasfabrik, in der Mosaikgläser in bis dahin unerreichten Farbnuancen produziert wurden.

Er untersuchte Mineralien und Erzproben aus den verschiedensten Teilen Rußlands, entwickelte eine neue Porzellanmasse und erforschte die Herstellung des Berliner Blaus und anderer Farben. Hier legte er auch die experimentellen Grundlagen für seine weiterführenden theoretischen Überlegungen.

Zu *Lomonossows* neuen Gedanken der theoretischen und physikalischen Chemie gehören besonders seine Vorstellungen über die Ursachen der Wärme und Kälte, seine kinetische Gastheorie, seine wegweisenden Erkenntnisse über den Verbrennungsvorgang und die Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse.

Lomonossow ging in Anlehnung an *Boyle* und *Stahl* von der Vorstellung aus, daß die Materie aus „unmerkbaren physikalischen Partikeln“ aufgebaut sei, die sich in ständiger Bewegung befinden, und erklärte, daß alle Veränderungen der Körper letztlich durch Bewegung und Veränderung dieser Partikeln zustande kommen. Die Bewegung sei durch die Gesetze der Mechanik hinreichend zu erklären: „Wer demzufolge tiefer in die Wahrheiten der Chemie eindringen will, muß unbedingt die Mechanik studieren“ [17; S. 72]. In diesem Zusammenhang erkannte er auch die Bedeutung der Mathematik für die Erkenntnis chemischer Gesetzmäßigkeiten.

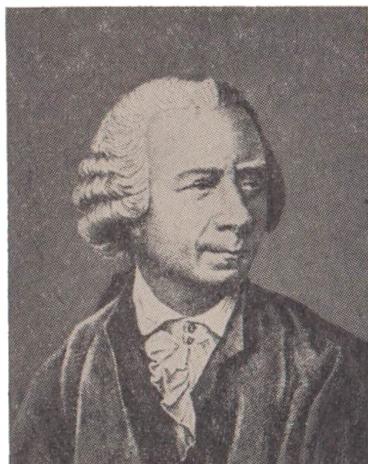


Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, hat *Lomonossow* in seiner Arbeit „Betrachtungen über die Ursachen von Wärme und Kälte“ (1749) die Temperatur der Körper durch molekular-dynamische Überlegungen erklärt und die Voraussetzungen für eine kinetische Gastheorie geschaffen. Das geschah zu einer Zeit, als die Mehrzahl der Gelehrten die Wärme und Kälte der Körper noch einem speziellen „Wärme-“ bzw. „Kältestoff“ zuschrieb.

Aus Untersuchungen folgerte er, daß die Wärme in der Bewegung eine genügende Ursache hat. „Da aber keine Bewegung ohne Materie möglich ist, so muß die genügende Ursache der Wärme in der Bewegung irgendeiner Materie liegen“ [17; S.147]. Diese Aussage erweiterte er nach ausführlicher Erörterung zu der These, „daß die Ursache der Wärme in der inneren rotierenden Bewegung der zusammenhängenden Materie besteht“ [17; S. 153].

Von seinen molekularkinetischen Vorstellungen ausgehend, entwickelte *Lomonossow* auch die Grundvorstellungen der kinetischen Gastheorie. So schrieb er u. a.: „Erstens, daß die rotierende Bewegung der Teilchen die Ursache für den flüssigen und gasförmigen Zustand der Körper ist und daß die durch sie hervorgerufene abstößende Kraft genügend groß ist, die Kohäsion der Teilchen in einem derartigen Grade zu stören, daß sie entweder frei voneinander abfallen und auseinanderfließen oder sich bei vollkommener Aufhebung ihres Zusammenhalts in der Luft zerstreuen; zweitens, die Ursache des Verdunstens und Verdampfens besteht hauptsächlich darin, daß sich wegen des verschiedenen Zustandes der Luft und weil mit ihr die wärmeerzeugende oder, was dasselbe ist, die zentrifugale Bewegung mit verschiedener Stärke zusammenwirkt, die losgerissenen Teilchen der Körper zerstreuen; drittens, die gasförmigen und flüssigen Körper enthalten immer Wärme und sei es auch nur wenig, so kalt sie auch scheinen mögen“ [17; S. 160].

Aus seinen Untersuchungen und Überlegungen gelangte *Lomonossow* außerdem bereits zu der Erkenntnis, daß der Temperatur nach oben keine Grenze gesetzt ist, wohl aber nach unten, und daher ein absoluter Nullpunkt existieren müsse. *Lomonossow* gehört zu den ersten Wissenschaftlern, die chemische Vorgänge mit Hilfe der Waage quantitativ untersuchten. Er lehrte seine Schüler: „Es gibt wohl keinen



Leonhard Euler, 1707 bis 1783,
begründete die Akademie der Wissenschaften
in Petersburg,
hervorragender Mathematiker
und Wissenschaftsorganisator

Gelehrten, der nicht wüßte, was für eine Unmasse chemischer Experimente überhaupt ausgeführt worden sind; er kann aber nicht leugnen, daß die Autoren derselben fast überall so wichtige Sachen wie Maß und Gewicht weglassen“ [8; S. 37]. Durch quantitative Untersuchungen gelang es ihm, die Existenz eines „Wärmestoffes“ experimentell zu widerlegen. Er forschte nach den Ursachen für die Erhöhung der Masse beim Verkalken der Metalle und folgerte im Jahre 1756: „Da aber Metallkalke, wenn man sie aus dem Feuer genommen hat, selbst im grimmigsten Frost das erlangte Gewicht behalten und man in ihnen trotzdem keinerlei Wärmeüberschuß feststellen kann, verbindet sich folglich beim Kalzinierungsprozeß mit den Körpern irgendeine Materie, nur nicht die, die man speziell dem Feuer zuschreibt“ [17; S. 166]. Er wies gleichzeitig auf die aktive Rolle der Luft beim Verbrennungsvorgang hin. In einem Brief an Euler schrieb er bereits im Jahre 1748: „Es ist kein Zweifel vorhanden, daß sich die Partikeln aus der Luft, die ununterbrochen über den kalzinierten Körper fließen, mit ihm vermischen und sein Gewicht erhöhen“ [17; S. 166]. Diese Erkenntnis trug wesentlich dazu bei, die Widersprüche der Phlogistontheorie aufzudecken und sie schließlich zu beseitigen. Zu Lomonossows Zeit war allerdings das Problem, Gase zu isolieren und zu gewinnen, noch nicht experimentell gelöst, und die Phlogistontheorie wurde noch allgemein anerkannt. Lomonossow trat auch nicht direkt gegen diese Theorie auf, denn Untersuchungen über die Reaktion unedler Metalle mit Säuren ließen ihn vermuten, daß der entweichende „Brenndampf“ nichts anderes sei als „Phlogiston“. Bei der quantitativen Untersuchung der Verbrennungsrückstände entdeckte Lomonossow das „Gesetz von der Erhaltung der Materie und Bewegung“. Diese hervorragende Leistung Lomonossows wird noch häufig verschwiegen und dem französischen Chemiker Lavoisier zugeschrieben, der erst 1789 in seinem Buch „Traité élémentaire de chimie“ darlegte, daß sich die Gesamtmasse der Stoffe, die an chemischen Reaktionen teilnehmen, nicht verändert. Wenn auch erst Lavoisiers Darlegungen von den Naturforschern seiner Zeit stark beachtet wurden, so gebührt dennoch Lomonossow die Priorität dieser Entdeckung. Schon im Jahre 1748 hat Lomonossow in einem Brief an Euler und im Jahre 1760 in einer „Abhandlung über die Festigkeit und Flüssigkeit der

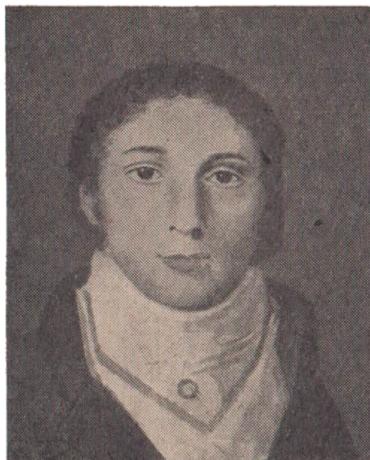
Körper“ geschrieben: „Alle Veränderungen, die in der Natur geschehen, sind derart, daß ebensoviel, wie von einem Körper abgeht, bei einem anderen hinzukommt, so daß, wenn sich irgendwo etwas Materie vermindert, sie an anderer Stelle zunimmt... Dieses Naturgesetz ist ein allgemeines, so daß es selbst auf die Regeln der Bewegung sich erstreckt: Der Körper, welcher einen anderen durch Impuls in Bewegung setzt, verliert ebensoviel von der seinigen, wieviel Bewegung er dem anderen übergibt“ [17; S. 145].

Vor etwa 50 Jahren wurde bereits in Deutschland auf *Lomonossows* Verdienst bei der Formulierung des Gesetzes von der Erhaltung der Materie und Bewegung hingewiesen: „Eine solch bewußte und umfassende Präzisierung über eines der wichtigsten Gesetze der Chemie finden wir bei *Lavoisier* nicht...“, schrieb z. B. *M. Speter* [19; S. 54].

Lomonossow bemühte sich sein ganzes Leben lang, vor allem den einfachen Menschen sein Wissen zu vermitteln und für die Verbesserung des wirtschaftlichen und kulturellen Lebens seiner Landsleute zu wirken. Davon zeugt auch seine aktive Teilnahme an der Gründung der Moskauer Universität. Als *Lomonossow* im Jahre 1765 starb, hinterließ er ein wissenschaftliches Erbe, das die Entwicklung der Chemie und vieler weiterer Wissenschaftszweige nachhaltig beeinflußte.

Carl Wilhelm Scheele

Carl Wilhelm Scheele ist als einer der erfolgreichsten Entdecker in die Geschichte der Chemie eingegangen. Seine empirischen Forschungsergebnisse förderten die Entwicklung der Chemie zur Wissenschaft wesentlich. Er entdeckte den Sauerstoff und das Chlor, einige organische Säuren, zum Beispiel die Zitronensäure, Oxalsäure, Milchsäure, das Schwefeltrioxid, den Schwefelwasserstoff, die Flußsäure, die Kieselfluorwasserstoffsäure und andere Verbindungen. Er lehrte als erster, wie man Ammoniak und Chlorwasserstoff im Gaszustand darstellt. *Scheele* wies auch nach, daß Metalle, wie Eisen, Kupfer und Quecksilber, in verschiedenen Oxydationsstufen vorkommen. Er entdeckte das Glyzerin (Propantriol) als Bestandteil der Fette. Ihm



gelang als erstem die Darstellung der Zyanwasserstoffsäure aus Berliner Blau und die Synthese von Zyanverbindungen aus Graphit, Pottasche und Ammoniumsalzen.

Scheele wurde am 19. Dezember 1742 als Sohn eines Brauers und Kornhändlers in Stralsund geboren. Die alte Hansestadt mit dem damaligen Vorpommern gehörte nach dem Westfälischen Frieden 1648 zu Schweden. *Scheele* besuchte in Stralsund eine Privatschule und siedelte 1757 nach Göteborg über.

In Schweden entstanden mit der Entwicklung der Schiffahrt, des Eisen- und Kupferbergbaus und der Metallurgie erste kapitalistische Wirtschaftsformen. Unter der Herrschaft des Absolutismus gelang es den fortschrittlichen Kräften, wirtschaftliche und politische Reformen zugunsten der kapitalistischen Entwicklung durchzusetzen. Die bürgerliche Klasse stützte sich in der geistigen Auseinandersetzung auf die von *Galilei, Descartes, Leibniz, Newton, Stahl* und anderen entwickelte neue Naturwissenschaft und Philosophie. In der Schwedischen Akademie der Wissenschaften besaßen die fortschrittlichen Kräfte eine einflußreiche Organisation, die internationales Ansehen genoß. Viele Wissenschaftler waren Söhne wohlhabender Kaufleute, Bergwerks- und Hüttenbesitzer oder Papierfabrikanten. Sie suchten die Wissenschaft für die Entwicklung der Produktion nutzbar zu machen und bearbeiteten zahlreiche Aufträge der Gewerbe, zum Beispiel die Untersuchung von Erzproben und Gesteinen oder Probleme der Verhüttung.

Scheeles Eltern waren zu unbemittelt, um ihrem siebenten Kinde *Carl* eine akademische Ausbildung zu gewähren. Er wurde Apothekerlehrling und bahnte sich den Weg zur Wissenschaft über ein langjähriges Selbststudium. In den Apotheken erwarb er große Geschicklichkeit in der experimentellen Arbeit.

In einer Göteborger Apotheke erlernte *Scheele* die Grundbegriffe der Pharmazie und der Laborkunst. Daneben studierte er eifrig, meist nachts, die Werke der Chemiker *J. Kunckel, N. Lémery und C. Neumann*.

Nach achtjährigem Aufenthalt in Göteborg ging *Scheele* nach Malmö, wo man sehr bald seine experimentellen Fähigkeiten erkannte. Dort durfte er das Laboratorium der Apotheke abends noch für eigene Untersuchungen benutzen. Ein Zeitgenosse

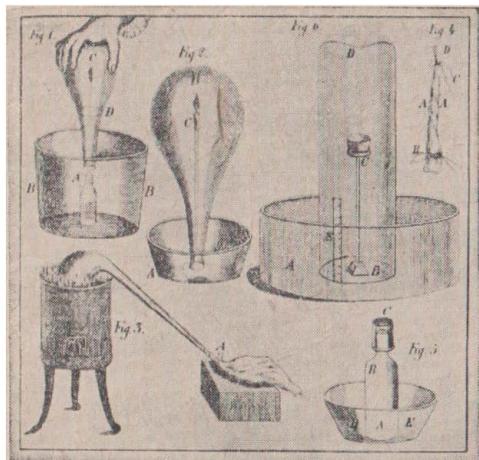
⊕ + Sal neutralis	⊖ Argilla	⊕ Hydrargyrum (Mercurius)
⊖ Nitrum	⊖ Terra Silicea	⊖ Plumbum (Saturnus)
⊖ c. Sal communis	⊖ Crystallus	⊖ Cuprum (Venus)
⊖ Tartaria r. ruber. a. albus. ppurp.	⊖ Utrum	⊖ Ferrum (Mars)
⊖ Borax	⊖ Fel vitri	⊖ Stannum (Jupiter)
⊖ Sal ammoniacus	⊖ Mineræ	⊖ Usticulum
⊕ Sal medius terrestris cum acido	⊖ m. Calx metallicæ	⊖ Niccolum
⊖ Sal medius terrestris (Sal amara amara)	⊖ Utrum fulminans	⊖ Arsenicum
⊖ Sal amara	⊖ Inspectum mincratæ	⊖ Cobaltum
⊖ Sal medius terrestris cum alkali	⊖ Arsenicum album	⊖ Zincum
⊖ Alcali volatile magnifica Saturatum	⊖ Utrum plumbi	⊖ Antimonium
⊕ Sal medius metallicus cum acido	⊖ Magnes	⊖ Magnesium
⊖ Utrum cupri (v. Coeruleum)	⊖ Metallum	⊖ Retorta
⊖ Utrolorum forti (v. viride)	⊖ Cinis	⊖ Recipiens
⊖ Utrolorum zinci (v. album)	⊖ Urina	⊖ Cucurbita, ⊖ Alembicus
⊖ Luna nitrata (crystall. luna)	⊖ Aqua	⊖ Cructibulum
⊖ Mercurius Sublimatus corollatus	⊖ Aer. n. Nudus	⊖ Evaporare, ⊖ tio Evaporatio
⊖ Mercurius precipitatus albus	⊖ Ignis	⊖ Digere, ⊖ tio Digestio
⊖ Plumbum acclatum (Sarcinum latum)	⊖ Phlegm	⊖ re Coquere, ebullire
⊖ Cuprum acclatum ⊖ Cupr. acer parum	⊖ Sulphur	⊖ re Distillare
⊖ Aurum regalissatum	⊖ Phosphorus	⊖ re Fervere

Scheele, der spätere Professor *Anders Jahan Retzius*, berichtete über *Scheele* Leben in Malmö unter anderem: „Während seines Aufenthaltes in Malmö kaufte er von Kopenhagen so viele Bücher, wie sein Lohn ihm gestattete. Diese las er ein- oder zweimal durch, worauf er sich an alles erinnerte, was er daraus behalten wollte, und nie mehr nach dem Buch frug... Bei einem elfjährigen beständigen Experimentieren hatte er einen solchen Vorrat an Beobachtungen gesammelt, daß in dieser Hinsicht nur wenige jemals mit ihm verglichen werden können“ [20; S. 8]. *Retzius* veranlaßte *Scheele*, seine Versuche systematischer anzustellen und sie in einem Laboratoriumstagebuch aufzuzeichnen.

Ende April 1768 übersiedelte *Scheele* nach Stockholm, wohl in der Hoffnung, in der Hauptstadt des Landes näheren Kontakt mit Wissenschaftlern zu finden und bessere Anregungen für seine Studien zu erhalten. In der Stockholmer Apotheke „Korpen“ wurde *Scheele* aber nicht im Labor, sondern nur in der Rezeptur beschäftigt. Eigene Arbeiten konnte er nur in einer engen Fensternische durchführen. Trotzdem gelangen ihm auch hier neue Entdeckungen. So wies *Scheele* zum Beispiel nach, daß die verschiedenen Strahlen des Sonnenspektrums Silberchlorid mit unterschiedlicher Intensität schwärzen.

Zwei Jahre später ging *Scheele* nach Uppsala. An der dortigen Universität wirkten berühmte Gelehrte, wie der Botaniker *Carl von Linné* und der Chemiker *Torbern Bergman*. *Scheele* und *Bergman* verband bald eine Freundschaft, die beider Leben und Wirken sehr beeinflußte. Der Zusammenarbeit mit *Bergman* verdankt es *Scheele* vor allem, daß er in den Abhandlungen der Schwedischen Akademie der Wissenschaften über neue Untersuchungen berichten konnte. Er veröffentlichte unter anderem Arbeiten über den Flußpat und die Flußsäure (1771), über die Darstellung von Phosphor (1774), Untersuchungen über die Benzoesäure und über Arsenik, Arsensäure und Arsenwasserstoff (1775). Auf Anraten *Bergmans* untersuchte *Scheele* den Braunstein. *Scheele* behandelte Braunstein mit Salzsäure und entdeckte im Jahre 1774 das Chlor. Die in dem von ihm verwendeten Braunstein enthaltenen Stücke Schwerspat schloß er durch Schmelzen mit Kohle und Alkali auf und erhielt erstmalig Bariumsalze.

Scheeles Versuchsapparatur
für Untersuchungen
der Zusammensetzung der Luft und der
Verbrennungs- und Atmungerscheinungen



Scheeles bedeutendste Arbeit erschien im Jahre 1777 unter dem Titel „Chemische Abhandlungen von der Luft und dem Feuer“. Sie enthält zahlreiche Experimente und Erkenntnisse über gasförmige Stoffe und über den Verbrennungsprozeß. Diese Probleme standen damals im Mittelpunkt des Interesses bedeutender Chemiker. Zu *Scheeles* Zeit, in der die Phlogistontheorie in der Chemie vorherrschte, versuchte man, diese Lehre experimentell zu sichern und das Phlogiston zu isolieren. Bei solchen Bemühungen entdeckte *Scheele* noch vor *Priestley* den Sauerstoff, den er „Feuerluft“ nannte. Obwohl *Scheele* erkannte, daß die Gegenwart des Sauerstoffs die Verbrennung erst ermöglicht, löste er sich nicht von der Phlogistontheorie. Er stellte eine komplizierte Verbrennungslehre auf, in der sowohl das Phlogiston als auch der Sauerstoff eine Rolle spielten, und mit der er alle seine Beobachtungen erklären konnte. Unstimmigkeiten mit seinem Verleger verzögerten die Veröffentlichung seiner Untersuchungen, so daß *Scheeles* Entdeckungen erst im Jahre 1777 bekannt wurden, zwei Jahre, nachdem *Priestley* über die Entdeckung des Sauerstoffs berichtet hatte.

Im Jahre 1775 wählte die Königliche Akademie der Wissenschaften Schwedens *Scheele* zu ihrem Mitglied, eine Auszeichnung, die seine Leistungen würdigte und die weder vor noch nach ihm je einem Gelehrten ohne akademische Ausbildung zuteil wurde.

Im Jahre 1776 erwarb *Scheele* die Apotheke in Köping, wo er nun selbständig experimentieren konnte. Sein Ruhm als hervorragender Experimentator und Wissenschaftler war bis ins Ausland gedrungen. *Friedrich II.* von Preußen forderte ihn auf, nach Berlin zu kommen, und auch aus England erhielt er ein Angebot. Doch mit der ihm eigenen Bescheidenheit lehnte *Scheele* beide Berufungen ab. Seine Gesundheit war schon früh stark angegriffen. Er verstarb am 21. Mai 1786 im Alter von 43 Jahren.

Joseph Priestley

Priestleys Leben war äußerst bewegt und vielgestaltig. Als Sohn eines armen Tuchmachers wurde er am 13. März 1733 in Yorkshire geboren. Er studierte Theologie und predigte in einer von der Hochkirche unabhängigen protestantischen Gemeinde. Diese hatte ihm das Studium der Theologie an der Akademie zu Daventry ermöglicht. Während des Studiums in den Jahren 1752 bis 1755 besuchte *Priestley* aber nicht nur theologische Vorlesungen, sondern auch philosophische und naturwissenschaftliche und lernte neun Sprachen: Französisch, Italienisch, Lateinisch, Deutsch, Griechisch, Arabisch, Syrisch, Chaldäisch und Hebräisch. Als er im Jahre 1761 wegen seiner freigeistigen Haltung aus dem Predigerberuf entfernt wurde, verdiente er seinen Lebensunterhalt als Sprachlehrer an der Universität Warrington. Hier kam er mit der Chemie in Berührung. Sie begeisterte ihn so sehr, daß er, dreißigjährig, beschloß, Naturwissenschaften zu studieren und chemische Experimente auszuführen. Auf Anregung *Benjamin Franklins* schrieb er wenige Jahre später eine Geschichte der Elektrizitätslehre (1767). Auf Grund dieses Werkes wurde ihm die Ehrendoktorwürde der Universität Edinburgh verliehen. Die Royal Society ernannte ihn später zu ihrem Mitglied.

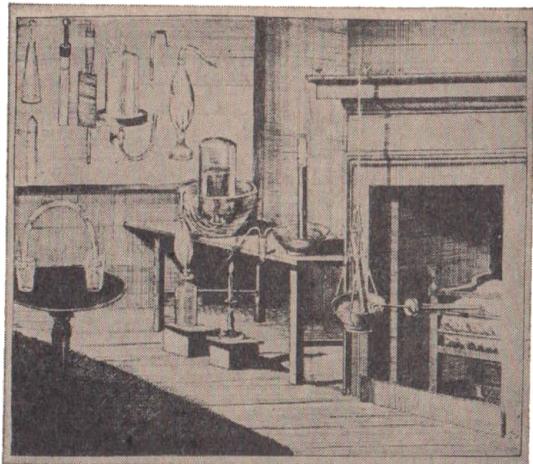
Priestley hat in hohem Maße Anteil an dem politischen Geschehen seiner Zeit genommen. Begeistert begrüßte er die französische bürgerliche Revolution von 1789, die auch die demokratische Bewegung in England förderte. *Priestley* trat öffentlich für die Ideen der Freiheit, Gleichheit und Brüderlichkeit ein und war ein führendes Mitglied der Gesellschaft der Freunde der Revolution. In dieser Gemeinschaft hatten sich fortschrittliche Persönlichkeiten Englands vereinigt, die die Ideen der französischen Revolution gegen die Feinde des Fortschritts verteidigen wollten. In der Furcht, die revolutionären Ideen könnten sich auf England ausdehnen, richteten Vertreter der Bourgeoisie und des Adels heftige Angriffe gegen diese Organisation. Die reaktionäre Haltung erreichte ihren Höhepunkt mit dem Eintritt Englands in den Koalitionskrieg gegen die französische Republik 1793. England trat zwar als letzter der europäischen Staaten in den Krieg ein, führte ihn aber am erbittertsten. Im Zusammenhang mit dem Kriegseintritt steigerten sich die Pogrome. Aufgeputschter Pöbel plünderte im Einvernehmen mit der Stadtverwaltung die Häuser von

Radikalen und Nichtkonformisten in Birmingham und anderen Orten und äscherte sie ein. Unter den Betroffenen befand sich auch der Wissenschaftler *Priestley*. Er konnte nur sein Leben retten. Als Anerkennung für seine fortschrittliche Gesinnung erklärte die französische Regierung *Priestley* zum Ehrenbürger und zum Mitglied der Gesetzgebenden Versammlung. Französische Wissenschaftler versprachen ihm Mittel, um sein zerstörtes Laboratorium wieder aufzubauen. Auch Gelehrte und fortschrittliche Bürger Englands unterstützten ihn. Da die Entwicklung in England aber eine Richtung einschlug, die mit *Priestleys* Ansichten nicht vereinbar war, wanderte er im Jahre 1794 mit seiner Familie nach Nordamerika aus, wo er am 6. Februar 1804 starb.

Die Erkenntnisse aus chemischen und physikalischen Untersuchungen waren für *Priestley* eine wichtige Quelle für die Entwicklung seiner philosophischen Ansichten, die an die materialistische Tradition des englischen Empirismus anschlossen. Seine Philosophie beinhaltet für die Geschichte des Materialismus in England eine bestimmte Epoche, blieb dort unbeachtet, hatte aber auf die Ansichten einiger amerikanischer Philosophen im 19. Jahrhundert einen gewissen Einfluß. *Priestleys* Untersuchungen über die Chemie der Gase und über die Oxydation trugen dazu bei, den Sturz der Phlogistontheorie vorzubereiten und der Entwicklung der Chemie neue Wege zu öffnen. Die ersten Anregungen zur Untersuchung von Gasen erhielt *Priestley* in einer Brauerei, die neben seinem Wohnhaus lag. Zunächst beschäftigte er sich mit dem Kohlendioxid, suchte aber bald nach anderen Gasen. In den Jahren zwischen 1774 und 1799 entdeckte er sieben neue gasförmige Verbindungen: das Distickstoffmonoxid, den Chlorwasserstoff, das Ammoniak, das Siliziumfluorid, das Schwefel-dioxid, das Kohlenmonoxid und den Sauerstoff. Das Distickstoffmonoxid interessierte *Priestley* besonders, weil es – zur Atmung zwar untauglich – eine Kerze jedoch lebhaft brennen ließ. *Priestley* stellte das Gas durch Reaktion feuchter Eisenfeilspäne mit Stickstoffmonoxid dar. Chlorwasserstoff erhielt er durch Einwirken von konzentrierter Schwefelsäure auf Natriumchlorid, Ammoniak aus Kalk und Ammoniumchlorid.

Priestley konnte diese wasserlöslichen Gase untersuchen, weil er entscheidende Ver-

Priestleys Laboratorium
im Jahre 1775
mit Apparaten zur Gasuntersuchung
und zur Luftverbrennung
mittels elektrischer Funken



besserungen an den Apparaturen vornahm. An Stelle des Wassers als Sperrflüssigkeit in der pneumatischen Wanne, die sein Landsmann *Stephan Hales* 1727 erfunden hatte, benutzte *Priestley* Quecksilber.

Unabhängig von *Scheele* entdeckte *Priestley* den Sauerstoff. Mit Hilfe einer starken Brennlinse erhielt er feste Substanzen unter Luftabschluß und beobachtete, daß dabei Gase entstehen. Seine Beobachtungen beim Erhitzen von Quecksilberoxid, bei denen er den Sauerstoff entdeckte, legte er später in der sechsbändigen Abhandlung „Experiments and observations on different kinds of air“ wie folgt dar: „Nachdem ich nun mit dieser Gerätschaft eine Menge anderer Versuche angestellt hatte, so versuchte ich es auch am 1. August 1774 damit, Luft aus dem kalzinierten Quecksilber zu entbinden, und sah sogleich, daß sich die Luft vermöge des Brennglases sehr schnell aus ihm entband. Was mich ganz unbeschreiblich wunderte, war, daß ein Licht in dieser Luft mit einer außerordentlichen Lebhaftigkeit brennt, und ich wußte ganz und gar nicht, wie ich mir dieses erklären sollte. Ein glühendes Stück Holz sprühte Funken. Ich erhielt auch die eben erwähnte Luftgattung aus dem Bleikalk und der Mennige“ [21; S. 42].

Priestley teilte seine Versuchsergebnisse zwei Monate später in Paris *A. L. Lavoisier* mit. *Lavoisier* erkannte sofort die Tragweite der Entdeckung und verwendete sie bei der umfassenden Aufklärung des Verbrennungsvorgangs und zur Widerlegung der Phlogistontheorie. *Priestley* dagegen verhielt sich gegenüber der Phlogistontheorie unkritisch und versuchte, seine Entdeckung mit Hilfe dieser fehlerhaften Theorie zu erklären. Dadurch konnte er das Wesen des Verbrennungsvorganges nicht entdecken. *Priestley* ging, wie alle seine Zeitgenossen, von der Vorstellung aus, daß Quecksilberoxid aus dem Quecksilber durch Entweichen von Phlogiston entstanden ist. Wenn sich beim Erhitzen dieses Oxids an der Luft Quecksilber zurückbildete und dabei eine Luftart entstand, in der die Verbrennung viel besser vor sich ging als in der gewöhnlichen Luft, so konnte man die Erscheinung seiner Meinung nach nur folgendermaßen erklären: Normale Luft enthält Phlogiston. Dieses Phlogiston wird beim Erhitzen des Quecksilberoxids von diesem aufgenommen. Es entsteht Quecksilber (= Quecksilberkalk + Phlogiston) und eine Luftart, die völlig



frei von Phlogiston ist. Dieses von ihm „dephlogistisierte Luft“ genannte Gas (der Sauerstoff) unterhält wegen seines großen Bestrebens, Phlogiston aufzunehmen, die Verbrennung besonders gut.

Priestley war derart von der Richtigkeit der Phlogistontheorie überzeugt, daß er sie auch noch verteidigte, nachdem *Lavoisier* die neue Verbrennungstheorie veröffentlicht hatte. Noch im Jahre 1800 schrieb er ein Werk unter dem Titel „Die Phlogistontheorie ist gefestigt“.

Wenn sich auch *Priestley* nicht zu den von *Lavoisier* ausgesprochenen Anschauungen in der Chemie bekannt hat, so bleibt ihm dennoch das Verdienst, vor allem durch seine Gasuntersuchungen die Entwicklung der Chemie gefördert zu haben.

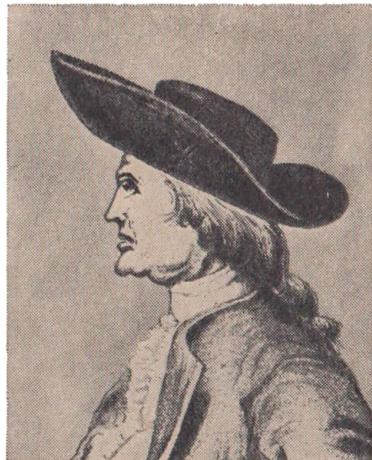
Henry Cavendish

Henry Cavendish wurde am 10. Oktober 1731 in Nizza geboren. Wie sein Zeitgenosse *Priestley* erlebte er die industrielle Revolution in England und die politischen Umwälzungen an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert. Im Gegensatz zu dem politisch aktiven *Priestley* führte er aber das Leben eines reichen Privatmannes, zurückgezogen von den gesellschaftlichen Ereignissen.

Dennoch gehört er auf Grund seiner wissenschaftlichen Arbeiten und seiner philosophischen Anschauungen zu den fortschrittlichen Gelehrten des 18. Jahrhunderts. Nach dem Tod seines Vaters erbte er ein beträchtliches Vermögen, das er fast ausschließlich für wissenschaftliche Arbeiten verwendete. Mit einem Teil des Vermögens schaffte er eine große Bibliothek an. In den Ställen seines Besitztums in London ließ er Laboratorien mit den besten Instrumenten und Geräten seiner Zeit einrichten.

Seine ersten naturwissenschaftlichen Kenntnisse hatte *Cavendish* während eines vierjährigen Studiums in den Jahren 1749 bis 1753 an der Universität zu Cambridge erworben. Im Jahre 1760 wurde er zum Mitglied der Royal Society ernannt, obwohl er mit wissenschaftlichen Veröffentlichungen sehr zurückhaltend war.

Erst im Jahre 1766 legte er die Ergebnisse seiner Arbeiten der Öffentlichkeit vor.



Diese Zurückhaltung *Cavendishs* führte dazu, daß einige seiner Arbeiten erst nach seinem Tode im Jahre 1810 bekannt wurden. Einige Entdeckungen, die *Cavendish* gelangen, wurden vorher von anderen Wissenschaftlern veröffentlicht, welche die Priorität für sich beanspruchten. So entdeckte er den Stickstoff im gleichen Jahr (1772) wie *Daniel Rutherford*. Die Priorität dieser Entdeckung gehört *Daniel Rutherford*, da er sie als erster veröffentlichte.

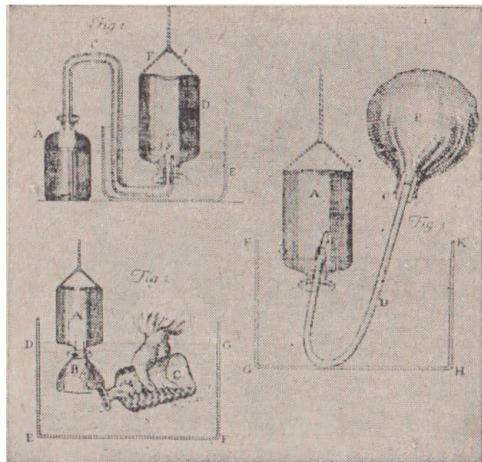
Cavendish beschäftigte sich vor allem mit der Chemie und Physik der Gase, daneben aber auch mit Problemen der Astronomie und Meteorologie, die in engem Zusammenhang mit den damals aktuellen Forschungen über die Atmosphäre standen. Zu diesen Arbeiten gehört auch die 1790 von ihm veröffentlichte Abhandlung über die Gravitationskonstante der Erde „Die Bestimmung des Gewichtes der Erde“, seine bedeutendste physikalische Untersuchung.

Inspiriert von der stürmischen Entwicklung der Industrie und des Verkehrs in England, interessierte sich *Cavendish* auch für Probleme der Produktion und suchte diese durch geologische und technologische Untersuchungen zu fördern.

In seinen wissenschaftlichen Untersuchungen ließ er sich von den Ideen der englischen Empiristen, besonders *Bacon* und *Locke*, leiten. Er sah seine Aufgabe darin, die Naturerscheinungen experimentell zu erforschen, um auf diese Weise Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. *Cavendish* war ein Anhänger atomistischer Auffassungen und erklärte zum Beispiel, ähnlich wie *Lomonossow*, die Wärme nicht durch die Annahme eines mystischen Wärmestoffes, sondern als innere Bewegung der kleinsten Partikel eines Körpers.

Die Entwicklung der Chemie zu einer Wissenschaft förderte *Cavendish* vor allem dadurch, daß er nicht nur die qualitativen, sondern auch die quantitativen Verhältnisse berücksichtigte. Er drückte die Notwendigkeit quantitativer Untersuchungen mit seinem Leitspruch aus: „Alles ist nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet“ und forderte die bewußte Beachtung quantitativer Methoden.

Er untersuchte bei seinen Forschungen auch die Zusammensetzung der Luft quantitativ und erkannte, daß der Anteil des Sauerstoffs (auch von ihm als „dephlogistisierte Luft“ bezeichnet) überall im Mittel 20,84% beträgt. Seit der Entdeckung, daß



Apparaturen von Cavendish
für seine Gasuntersuchungen
aus den Jahren 1766 bis 1773

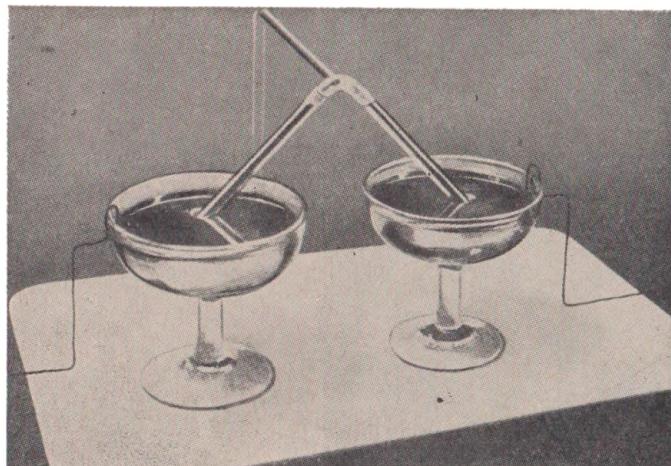
die Luft aus mehreren Gasen zusammengesetzt ist, nahm man allgemein an, daß die Luft auf Bergen, in Tälern, an Küsten und anderen Orten einen verschieden hohen Anteil an Sauerstoff enthalte.

Im Verlaufe seiner Untersuchungen ließ *Cavendish* auch den elektrischen Funken auf die Luft einwirken und stellte dabei fest, daß sich bei Gegenwart von Feuchtigkeit Salpetersäure bildet. Er setzte daraufhin ein Gemisch von atmosphärischer Luft und Sauerstoff dem elektrischen Funken so lange aus, bis sich die Gasmenge nicht mehr verringerte. Dann entfernte er den überschüssigen Sauerstoff und erhielt einen Gasrest, der seiner Schätzung nach etwa $1/120$ des ursprünglichen Stickstoffvolumens betrug. Die Prüfmethoden und Meßinstrumente waren aber noch nicht so weit entwickelt, daß *Cavendish* in diesem Gasrest neue Elemente hätte nachweisen können. Erst etwa einhundert Jahre später wurden von *Rayleigh* und *Ramsay* die Edelgase entdeckt. *Cavendish* behandelte bei seinen Experimenten auch Metalle mit verdünnter Schwefelsäure. Dabei entdeckte er den Wasserstoff, dessen Brennbarkeit ihn besonders interessierte und dessen Reaktionsvermögen er deshalb eingehend untersuchte. *Cavendish* glaubte, in dem neuen Gas endlich das lange gesuchte Phlogiston isoliert zu haben, da es zwei Eigenschaften aufwies, die nach Ansicht der Phlogistiker charakteristisch dafür waren. Das Gas war brennbar, ein Beweis für den hohen Phlogistongehalt, und es reduzierte, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, Metalloxide – eine Eigenschaft, durch die ja nur das Phlogiston ausgezeichnet sein sollte. *Cavendish* bestimmte die Dichte des neuen Gases mit 0,09. Er hielt die Dichte einer Substanz für eine charakteristische Eigenschaft und bewies daher mit dieser physikalischen Konstanten, daß das Gas, das er durch Umsetzung verschiedener Metalle mit verdünnter Schwefelsäure erhielt, stets das gleiche war.

Zu Beginn des 80er Jahre des 18. Jahrhunderts untersuchte *Cavendish* Verbrennungsvorgänge mit dem Ziel, das Verschwinden der dephlogistisierten Luft (des Sauerstoffs) beim Verbrennen aufzuklären. Er zeigte richtig, daß sich diese Luft mit Metallen oder anderen brennbaren Substanzen verbindet. Im Rahmen dieser Arbeiten untersuchte er auch die Verbrennung des Wasserstoffs.

Cavendish wiederholte dabei die ihm bekannten Versuche seines Landsmannes

Gaseexplosionspipette
von Cavendish
zur Darstellung
von Stickoxid



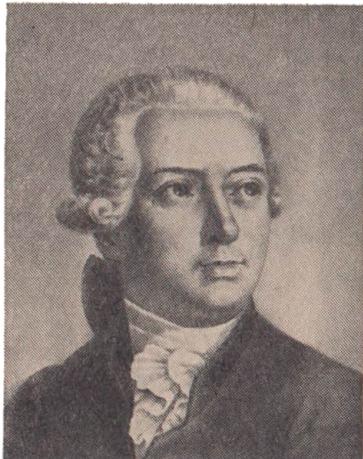
Wartire in größerem Maßstab, der beobachtet hatte, daß die Glaswände des verwendeten Laborgerätes beim Durchschlagen eines elektrischen Funkens durch ein Gemisch aus Wasserstoff und atmosphärischer Luft beschlagen. *Cavendish* erhielt bei seinen Versuchen 8,7 g reines Wasser. Da er wußte, daß allein die dephlogistisierte Luft (der Sauerstoff) die Verbrennung unterhielt, schloß er, daß sich diese mit dem Phlogiston (also dem Wasserstoff) vereinigt haben müsse. *Cavendish* bestätigte diese Schlußfolgerung durch einen Versuch, indem er reinen Sauerstoff und reinen Wasserstoff im Verhältnis 1:2 umsetzte und reines Wasser ohne Restgase erhielt. Das Untersuchungsergebnis wies aus, daß sich zwei Gase zu einer Flüssigkeit verbunden hatten. Diese Feststellung war für die damalige Zeit so erstaunlich, daß sie von vielen führenden Chemikern angezweifelt wurde. *Cavendish* war jedoch von der Exaktheit seiner Arbeit überzeugt. Ohne sich allerdings von der Phlogistontheorie zu lösen, erklärte er die Verbrennung des Wasserstoffs als einen Vorgang, bei dem sich „dephlogistisierte“ Luft und Phlogiston zu Wasser vereinigt hätten. Wasser definierte er demnach als eine Verbindung aus Phlogiston und „dephlogistisierter Luft“.

Die Oxydation des Wasserstoffs und die Bestimmung des Verbrennungsproduktes waren eine epochenmachende Entdeckung. Sie krönte die Arbeiten *Cavendishs*, die *Lavoisier* kurze Zeit danach benutzte, um seine neue Oxydationstheorie mit weiteren experimentellen Ergebnissen zu stützen.

Antoine Laurent Lavoisier

Antoine Laurent Lavoisiers Leben und Werk standen unter dem unmittelbaren Einfluß der ökonomischen, politischen und ideologischen Vorbereitung der französischen bürgerlichen Revolution und der bedeutenden wissenschaftlichen Erfolge, die Chemiker wie *C. W. Scheele*, *J. Priestley* und *H. Cavendish* errungen hatten.

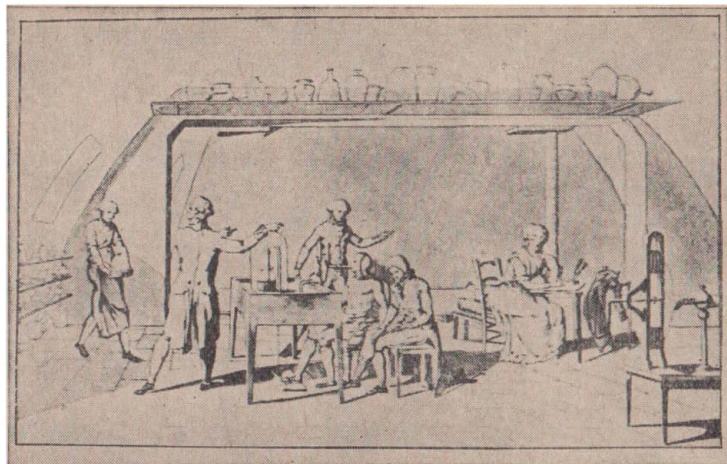
Lavoisier wurde am 26. August 1743 in Paris als Sohn eines Rechtsanwaltes geboren. Wie sein Vater sollte er ebenfalls Jurist werden, doch sein Interesse gehörte den Naturwissenschaften. Er studierte Geologie, Physik und Chemie. Im Jahre 1768



wurde er ehrenamtlicher Assistent der „Académie des Sciences“. *Lavoisier* war einer der wohlhabendsten Bürger Frankreichs und verstand es, sein Vermögen durch den Beitritt zum Verein der Generalsteuerpächter stetig zu mehren. Trotz seiner exponierten sozialen Stellung zählte er zum politisch rechtlosen Dritten Stand, in dem aber die Generalsteuerpächter zusammen mit Kaufleuten, Bankiers und Grundbesitzern eine Sonderstellung einnahmen. Die Generalsteuerpächter waren trotz bürgerlicher Herkunft eng mit dem feudal-absolutistischen System verbunden, da sie die vom Volk verhaßten Steuern eintreiben ließen. Sie stellten nur gemäßigte politische Forderungen. Als die Jakobiner zur konsequenten Durchsetzung der bürgerlichen Revolution in den Jahren 1793/94 einen harten Kampf gegen die innere und äußere Konterrevolution führen mußten, wurden u. a. sämtliche ehemaligen Generalsteuerpächter verhaftet und durch ein Revolutionstribunal zum Tode verurteilt. Auch *Lavoisier* wurde als Angehöriger einer vom Volk gehaßten Schicht vor dieses Tribunal gestellt und am 8. Mai 1794 hingerichtet.

Lavoisier spielte auf Grund seiner wissenschaftlichen Arbeiten eine hervorragende Rolle in der Geschichte der Wissenschaften. Die philosophische Konzeption, mit der *Lavoisier* an die wissenschaftliche Arbeit heran ging, lehnte sich eng an die Ideen der französischen Aufklärer und Materialisten an. *Lavoisier* berief sich u. a. in seinem Werk „Traité élémentaire de chimie“ wiederholt auf den französischen Philosophen *Condillac*, der die Ideen des englischen materialistischen Empiristen *Locke* aufgegriffen und deren Verbreitung in Frankreich gefördert hatte. *Condillac* erkannte als einzige Quelle des Denkens die Empfindung an; als Grundlage der wissenschaftlichen Arbeit betrachtete er die Erfahrung. Demgemäß arbeitete *Lavoisier* nach dem Grundsatz, immer von Bekanntem zu Unbekanntem fortzuschreiten und keinen Schluß zu ziehen, der nicht durch Erfahrungen und Beobachtungen belegt war.

Lavoisiers wesentlicher Beitrag zur Entwicklung der Chemie im 18. Jahrhundert besteht in der wissenschaftlichen Erklärung des Verbrennungsvorganges. Damit vollzog sich in der Chemie in historisch kurzer Zeit ein qualitativer Sprung von der phlogistischen Lehre zu einer wissenschaftlich fundierten Betrachtung chemischer



Erscheinungen, ein Sprung, der besonders durch die Arbeiten *Lomonossows*, *Scheeles* und *Priestleys* unmittelbar vorbereitet worden war. *Lavoisier* wertete die vorliegenden Ergebnisse dieser Chemiker aus, führte in seinem vorzüglich eingerichteten Laboratorium zahlreiche Versuche durch und vermochte an Hand des gesicherten experimentellen Beweises, die Unzulänglichkeit der Phlogistontheorie nachzuweisen.

Dies gelang ihm besonders dadurch, daß er bei seinen Untersuchungen des Verbrennungsvorganges die quantitative Methode anwandte und den Verbrennungs- und Reduktionsvorgang an Hand exakter Wägungen verfolgte. Wie schon einige Chemiker vor ihm – u. a. *Lomonossow* – beobachtete *Lavoisier*, daß die Metalle beim „Verkalken“ ihr Gewicht vergrößern. Wie *Lomonossow* schlußfolgerte auch er, daß die Massenvergrößerung von einer Aufnahme von Luft herrühren müsse. Aus den Arbeiten *Priestleys* und *Scheeles* und aus eigenen Untersuchungen war ihm ferner bekannt, daß es nur ein bestimmter Bestandteil der Luft, der zu etwa einem Fünftel in ihr enthalten war, sein konnte, der sich mit den Stoffen verband, denn vier Fünftel der ursprünglichen Luft blieben stets bei den Versuchen übrig. Nur die Natur dieses Luft-Fünftels blieb ihm zuerst unbekannt. Als ihm im Jahre 1774 *J. Priestley* anlässlich eines Besuches in Paris aber von der Entdeckung der „dephlogistisierten“ Luft (des Sauerstoffes) berichtet hatte, schloß er, daß es dieser Bestandteil der Luft war, der sich bei der Verbrennung mit den Stoffen verbindet. Durch Zerlegung von Quecksilberoxid mittels eines Brennglases stellte er sich Sauerstoff her und wies mit Hilfe der Waage nach, daß sich eine bestimmte Masse Quecksilber mit einer bestimmten Masse Sauerstoff zu Quecksilberoxid vereinigt und die entstandene Masse Quecksilberoxid wieder in die anfangs vorhandenen Massen Quecksilber und Sauerstoff zerlegt werden kann. *Lavoisier* versuchte daraufhin nicht länger, diese Entdeckung mit der Phlogistontheorie zu erklären. Er erkannte, daß die alte Theorie in ihren Grundlagen erschüttert war und faßte die Verbrennung als eine Vereinigung und nicht als eine Trennung von Stoffen auf.

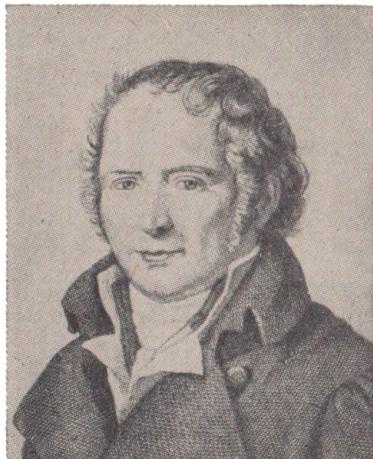
Im Jahre 1777 trug *Lavoisier* der „Académie des Sciences“ seine neuen Ansichten vor. Sie wurden jedoch zunächst nur von wenigen anerkannt. Einer der Gründe



für die Ablehnung war, daß er nicht erklären konnte, was bei der Verbrennung des Wasserstoffs vor sich geht. Er glaubte, als Verbrennungsprodukt wie bei vielen anderen Nichtmetallen eine Säure erhalten zu müssen, bemühte sich aber vergeblich, sie herzustellen. Erst als er von den Untersuchungsergebnissen *Cavendishs* hörte, der nachgewiesen hatte, daß Wasserstoff zu Wasser verbrennt, konnte er diese Zusammenhänge klären. Auch das Wasser war nicht, wie allgemein angenommen worden war, ein Element, sondern eine aus Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzte Verbindung. *Lavoisier* wies das im Jahre 1783 nach, indem er die Versuche *Cavendishs* wiederholte und Wasser mittels Eisenfeilspänen zerlegte.

Durch seine quantitativen Untersuchungen fand *Lavoisier* auch das bereits von *Lomonossow* entdeckte, von den Chemikern aber kaum beachtete Gesetz von der Erhaltung der Masse. Im Jahre 1787 hat *Lavoisier* seine Erkenntnisse zusammenfassend dargelegt. In seiner Abhandlung unterzog er u. a. den Begriff des Elements einer historischen Kritik und gab ihm, den neuen Erkenntnissen entsprechend, einen neuen Inhalt. Er schrieb: „Der Hang zu verlangen, daß alle Naturkörper nur aus drei oder vier Elementen zusammengesetzt sein sollen, stammt von einem Vorurteil ab, das wir ursprünglich den griechischen Philosophen zu danken haben. Die Voraussetzung von vier Elementen, welche durch ihre mannigfachen Verhältnisse alle uns bekannten Körper bilden, ist eine Hypothese, die zu einer Zeit erdacht worden ist, wo man noch nicht die allerersten Kenntnisse in der Experimentalphysik und Experimentalchemie erlangt hatte. Man hatte noch keine Tatsachen und machte Systeme, und jetzt, da wir Tatsachen gesammelt haben, scheint es, als wollten wir sie zurückstoßen, nicht anerkennen, weil sie nicht mit unseren Vorurteilen übereinstimmen... Verbinden wir mit dem Namen Element oder Grundstoff den Begriff dessen, was unsere Analyse als höchstes Ziel erreichen kann, so sind alle Substanzen, die wir auf keine Weise haben zerlegen können, für uns Elemente; eben weil wir keine Mittel haben, sie zu zerlegen, erscheinen sie uns als Elemente, als einfache Körper, und wir dürfen sie nicht eher für zusammengesetzt halten, als in dem Augenblick, wo Erfahrungen und Beobachtungen uns das Gegenteil beweisen“ [22; S. 38].

Antoine Francois de Fourcroy, 1755 bis 1809,
französischer Chemiker,
Professor für Chemie am Jardin du Roi



Ausgehend von den neuen Erkenntnissen forderte *Lavoisier* eine neue, rationelle Bezeichnung der chemischen Verbindungen. Er arbeitete sie 1787 gemeinsam mit den französischen Chemikern *Berthollet*, *Fourcroy* und *de Morveau* aus. Sie gaben einen Bericht an die Pariser Akademie, in dem es unter anderem hieß: „In dem Plan, den wir entworfen haben, mußten besonders die einfachen Körper unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen, weil die Benennung der zusammengesetzten Körper sich notwendig aus den Benennungen der einfachen Körper ergeben muß. ‚Lebensluft‘ haben wir in ‚Oxygène‘ (Sauerstoff) umgewandelt, weil sie bei der Verbrennung die meisten Stoffe in Säuren verwandelt. Die bisher als Kalke bezeichneten Stoffe nennen wir ‚Oxyde‘. Die Bezeichnung ‚brennbare Luft‘ veränderten wir in ‚Wasserstoff‘, ‚Hydrogène‘, weil seine charakteristische Eigenschaft darin besteht, durch Sauerstoff Wasser zu erzeugen. Die Stickluft haben wir in Stickstoff, Azote, umbenannt, weil sie das Leben der Tiere nicht unterhält, also dem Leben schädlich ist.“

Für die verschiedenen Säuren haben wir immer die Stammelemente als Grundlagen für ihre Bezeichnung genommen. Wir nennen also eine Säure, die sich vom Schwefel ableitet, Schwefelsäure anstatt Vitriolsäure; die sich vom Phosphor ableitet, Phosphorsäure; die sich von der Kohle ableitet, Kohlensäure anstatt Luftsäure...“ [22; S. 40].

Lavoisier unterschied in dem neuen chemischen System erstmalig zwischen den eigentlichen chemischen Elementen, die er in Metalle und Nichtmetalle einteilte, und den chemischen Verbindungen.

Er unterschied, ausgehend vom Sauerstoff als Zentralelement, drei Gruppen von Verbindungen: die Säuren (Verbindungen von Sauerstoff mit Nichtmetallen), die Basen (Verbindungen von Sauerstoff mit Metallen) und die Salze (Kombination von Säuren mit Basen).

Auf diese Weise hatte *Lavoisier* die chemischen Kenntnisse unter eine allgemeine Theorie geordnet, die nicht nur in der Lage war, die alten Phänomene zu erklären, sondern auch neue quantitativ vorauszusagen. Die alte, noch auf der Alchemie fußende Einteilung chemischer Stoffe konnte mit dieser neuen Nomenklatur über-



Berthollet in Lavoisiers Laboratorium
in der Sorbonne.
Der Chemiker Berthollet gehörte
zu dem engen Freundeskreis von Lavoisier.

wunden werden. Innerhalb weniger Jahre wurde der „Kampf“ zwischen den Verteidigern der Phlogistontheorie und den Vertretern des *Lavoisier*-Systems zugunsten des Neuen entschieden. Eine qualitativ höhere Stufe in der Entwicklung der Chemie war erreicht, die Grundlage für die Entdeckung weiterer Gesetzmäßigkeiten in der Chemie wurde.

Im Vorwort zum zweiten Band des „Kapital“ hat *Friedrich Engels* im Jahre 1885 die Bedeutung dieser Erkenntnisse *Lavoisiers* gebührend gewürdigt: „*Priestley* wie *Scheele* hatten den Sauerstoff dargestellt, wußten aber nicht, was sie unter der Hand hatten. Sie ‚blieben befangen‘ in den ‚phlogistischen‘ Kategorien, wie sie sie vorhanden. Das Element, das die ganze phlogistische Anschauung umstoßen und die Chemie revolutionieren sollte, war in ihrer Hand mit Unfruchtbarkeit geschlagen... *Lavoisier* untersuchte nun... die ganze phlogistische Chemie, entdeckte erst, daß die neue Luftart ein neues chemisches Element war, daß in der Verbrennung nicht das geheimnisvolle Phlogiston aus dem verbrennenden Körper weggeht, sondern dies neue Element sich mit dem Körper verbindet, und stellte so die ganze Chemie, die in ihrer phlogistischen Form auf dem Kopf gestanden, erst auf die Füße“ [23; S. 443, 444].

Chemische Gesetzmäßigkeiten

Joseph Louis Proust

Joseph Louis Prousts besonderes Verdienst an der Entwicklung der chemischen Wissenschaft besteht in der Entdeckung des Gesetzes der konstanten Proportionen. Seine Arbeiten zeigten den Chemikern, daß neben den qualitativen Untersuchungen auch quantitative Bestimmungen unerlässlich sind, um chemische Gesetzmäßigkeiten zu erkennen.

J. L. Proust wurde am 26. September 1754 als Sohn eines Apothekers in Angers geboren. Nach dem Studium der Chemie in Paris wurde er im Jahre 1775 zum Oberapotheker am Salpêtrière-Hospital ernannt. *Proust* war ein Zeitgenosse *La-voisiers* sowie der französischen Naturwissenschaftler *G. Monge*, *C. L. Berthollet* und *A. F. Fourcroy*. Beeinflußt von den Ideen der französischen Aufklärung sah er in dem kommenden bürgerlichen Staat ein Reich der Vernunft, der Gerechtigkeit, Freiheit und Gleichheit der Menschen und setzte seine Kräfte dafür ein, dem Staat nützlich zu sein. *Proust* unterbreitete Vorschläge zur Verbesserung des Hüttenwesens in Frankreich, nahm darauf aber keinen entscheidenden Einfluß, da er im Jahre 1785 nach Spanien berufen wurde. Spanien war ein wirtschaftlich rückständiges Land. Der spanische König *Karl III.* versuchte als Vertreter des „aufgeklärten Absolutismus“ feudale Fesseln der bürgerlichen Entwicklung zu beseitigen und hoffte, mit Hilfe eines wirtschaftlichen Aufschwungs die königliche Macht zu stärken. Er erkannte, daß ihm die junge Naturwissenschaft dabei große Dienste leisten konnte, und veranlaßte daher u. a. die Berufung *Prousts* im Jahre 1785 als Professor der Chemie an die Artillerieschule zu Segovia. Später wurde *Proust* nach Salamanca und Madrid berufen. Der spanische König, der sehr bald *Prousts* Verdienste um die Entwicklung der spanischen Industrie sah und auch zu würdigen wußte, unterstützte ihn finanziell. *Proust* verfügte daher über kostbare Sammlungen und ein ausgezeichnetes Laboratorium.

Obgleich sich nach dem Tode *Karls III.* die feudale Reaktion verstärkte, entwickelte sich die kapitalistische Produktionsweise, und *Proust* fand daher in Spanien weiterhin günstige Arbeitsbedingungen.

Als im Jahre 1804 Napoleon zum französischen Kaiser ausgerufen worden war und Frankreich versuchte, durch Eroberung ausländischer Territorien eine Vormacht-

stellung in der Welt zu erringen, drangen französische Truppen auch nach Spanien vor. Im Jahre 1808 erhoben sich in Madrid spanische Patrioten gegen die französischen Eindringlinge. Der Volksaufstand wurde von den französischen Truppen grausam niedergeschlagen. Bei den Kämpfen zerstörten sie auch *Prousts* Laboratorium und dessen chemische Sammlungen. *Proust* befand sich zu jener Zeit gerade in Frankreich. Da in Spanien eine breite revolutionäre Volksbewegung gegen die französische Fremdherrschaft entstand, zog er es unter diesen Umständen vor, in seinem Vaterland zu verbleiben.

Im Jahre 1806 verhängte *Napoleon I.* die Kontinentalsperre, um England wirtschaftlich zu schwächen und politisch zu unterwerfen. In Frankreich mangelte es seitdem an verschiedenen Waren, zum Beispiel an Baumwolle, Rum, Kaffee und Zucker. Sie sollten durch einheimische Produkte ersetzt werden. *Proust*, der kurz zuvor den Traubenzucker entdeckt hatte, wurde daher von *Napoleon* ersucht, für 100 000 Franken „eine Fabrikation von Traubenzucker in Gang zu bringen“. *Proust* lehnte aber aus Gesundheitsgründen ab, obgleich er damals ziemlich mittellos war. Seine materielle Lage verbesserte sich erst, als er im Jahre 1816 zum Mitglied der Pariser Akademie gewählt wurde. 10 Jahre später, am 5. Juli 1826, starb *Proust* in Angers.

Prousts bedeutendste wissenschaftliche Leistung war die Entdeckung des Gesetzes der konstanten Proportionen. Damit leistete er einen wesentlichen und grundlegenden Beitrag zur Entwicklung der Atom-Molekular-Theorie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Seine Arbeit entsprang den Forderungen der sich entwickelnden chemischen Produktion nach Ausarbeitung einer rationellen Technologie, die voraussetzte, daß die mengenmäßigen Verhältnisse bei den chemischen Umsetzungen der Stoffe bekannt waren. *Proust* hatte sich in Spanien mit den Eigenschaften und Verbindungen verschiedener Metalle, u. a. von Zinn (1800 und 1805), Kupfer (1799, 1801, 1904), Eisen und Nickel (1803), Antimon (1804) sowie Kobalt, Silber und Gold (1806), beschäftigt. Dabei legte er besonderen Wert auf quantitative Untersuchungen. Er erkannte, daß viele seiner Zeitgenossen die quantitative Zusammensetzung der Oxide falsch ermittelt hatten. Da sie die qualitative Zusammensetzung der Stoffe ungenügend berücksichtigten, hielten sie einige Verbindungen fälschlich

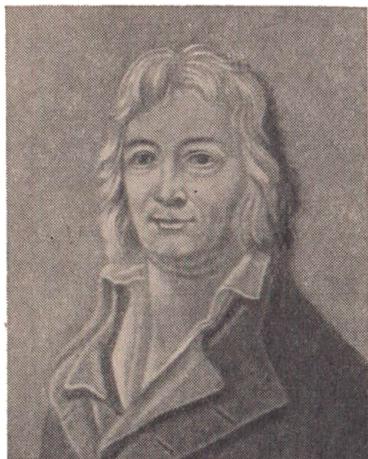


für Oxide. Sie bestimmten nur deren Metallgehalt und bezeichneten, ohne den Nachweis zu erbringen, den Rest als Sauerstoff. Bei den Berechnungen der Formeln für diese Stoffe erhielten sie Ergebnisse, die auf eine ganz allmählich ineinander übergehende Zusammensetzung der Oxide hindeuteten. *Proust* wies durch exakte Bestimmungen nach, daß viele Verbindungen gar keine echten Oxide, sondern Hydrate waren, und ermittelte die wirklichen Oxide. Dabei entdeckte er, daß es für verschiedene Oxide eines bestimmten Metalls konstante Werte gab, die nicht allmählich ineinander übergingen, sondern sich sprunghaft änderten. Seine empirischen Berechnungen führten zum Beispiel zu folgenden Resultaten:

	Kupfer(I)-oxid	Kupfer(II)-oxid	Zinn(II)-oxid	Zinn(IV)-oxid
Metall	86,2 %	80 %	87 %	78,4 %
Sauerstoff	13,8 %	20 %	13 %	21,6 %

Entsprechende Untersuchungen der Schwefel- und Chlorverbindungen der Metalle lieferten das gleiche Ergebnis und zeigten die Allgemeingültigkeit des von ihm entdeckten Gesetzes der konstanten Proportionen, das er im Jahre 1801 formulierte: „Die immer konstanten Proportionen, diese konstanten Eigenschaften, welche die echten Verbindungen der Chemie oder der Natur charakterisieren, mit einem Wort, das ‚pondus naturae‘, das *Stahl* so gut gesehen hat; all dies, behaupte ich, ist für das Können des Chemikers nur noch das Auswahlgesetz in all den Verbindungen“ [24; S. 368].

Inzwischen war ihm in seinem Landsmann *Claude Louis Berthollet* ein Gegner erstanden, mit dem *Proust* zwischen den Jahren 1801 und 1808 einen harten wissenschaftlichen Meinungsstreit ausfocht. *Berthollet* hatte beobachtet, daß Reaktionsfähigkeit und Reaktionsgeschwindigkeit zweier Stoffe auch von der „Masse“ (Konzentration) der verwendeten Stoffe beeinflußt werden. Daraus schlußfolgerte er, daß je nach der vorhandenen Konzentration der Ausgangsstoffe die Vereinigung in den verschiedensten, veränderlichen Verhältnissen stattfindet und die Zusammensetzung der entstehenden Verbindungen entsprechend variiert.



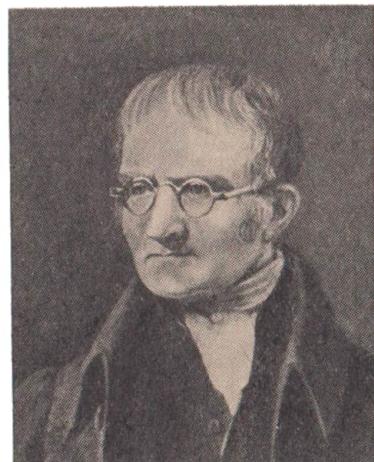
Claude Louis Berthollet, 1748 bis 1822,
bedeutender französischer Chemiker,
der wertvolle Arbeiten zur Affinitätslehre
geschaffen hat

Die Messungen, mit denen *Proust* die Chemiker vor allem darauf hinwies, zwischen einer chemischen Verbindung und einem Gemenge oder einer Legierung zu unterscheiden, wirkten überzeugend. Das Gesetz der konstanten Proportionen wurde allgemein anerkannt. *Proust* bemühte sich bei seinen Untersuchungen, die zur Entdeckung des Gesetzes der konstanten Proportionen führten, stets die Massen von Metall und Sauerstoff auf einhundert Masseneinheiten zu beziehen. Dadurch übersah er das Gesetz der multiplen Proportionen, das der Engländer *John Dalton* später entdeckte.

John Dalton

*John Dalton*s Arbeiten waren für die Entwicklung der Chemie von grundlegender Bedeutung. *Dalton* kam durch die Vereinigung der von *Jungius*, *Boyle*, *Newton* und *Lomonossow* wiederbelebten atomistischen Theorien mit den neuen Erkenntnissen der Chemie, vor allem dem durch *Lavoisier* präzisierten Elementbegriff, zu einer neuen Atomtheorie, die eine der Grundlagen wurde, um die chemischen Erscheinungen mathematisch zu erfassen.

John Dalton, der am 6. September 1766 in Eaglefield (England) geboren wurde, stammte aus ärmlichen Verhältnissen. Er hat sich seinen Weg zur Chemie im wesentlichen durch autodidaktische Studien unter Anleitung eines Freundes gebahnt. Schon mit 12 Jahren erteilte er Unterricht an seiner Dorfschule, verließ sie aber 3 Jahre später, um eine Lehrerstelle in einem größeren Ort anzutreten. Im Jahre 1787 hielt er außer den Schulstunden noch öffentliche Vorträge über Mechanik, Optik, Astronomie und Geographie. Im Jahre 1793 berief ihn die Warrington-Akademie in Manchester als Lehrer für Mathematik und Naturwissenschaften. Manchester wurde *Daltons* eigentlicher Wohnort, wenn ihn auch seine Vorlesungen, speziell über Chemie, vorübergehend nach London, Birmingham oder Glasgow führten. Im Jahre 1822 wurde *Dalton* zum Mitglied der Royal Society in London gewählt; auch die Französische Akademie der Wissenschaften und andere wissenschaftliche Institutionen nahmen ihn als auswärtiges Mitglied auf. *Dalton* starb am 27. Juli 1844.



Daltons wissenschaftliches Wirken liegt in der Zeit der industriellen Revolution in England. Die kapitalistische Industrialisierung hatte hier zunächst vorzugsweise die Leichtindustrie, davon besonders die Textilindustrie, erfaßt. Im Zusammenhang mit der Textilindustrie entwickelte sich in England die anorganisch-chemische Industrie (Schwefelsäureproduktion, Soda nach dem *Leblanc*-Verfahren, Chlorkalkherstellung). Die Arbeiten Dalton's und anderer Chemiker seiner Zeit waren wissenschaftliche Voraussetzungen für den Aufschwung der chemischen Produktion, die ihrerseits die Entwicklung der chemischen Wissenschaft förderte.

Dalton untersuchte zunächst die Natur und Beschaffenheit der Atmosphäre, ein meteorologisches Problem. Er wollte ergründen, weshalb die Gase der Atmosphäre eine Einheit bilden und sich nicht, ihren Dichten entsprechend, übereinanderlagern. Untersuchungen über den Zustand der Atmosphäre und über Gase waren damals nichts Ungewöhnliches. Die quantitative Zusammensetzung verschiedener Gasarten interessierte Chemiker, Techniker und Unternehmer, denn derartige Kenntnisse waren u. a. für die Verbesserung des Hüttenwesens und den Einsatz bestimmter Gasarten zu Leuchtzwecken wichtig (bereits im Jahre 1813 wurde erstmalig in London Kokereigas für die Straßenbeleuchtung verwendet).

Dalton schloß bei seinen Überlegungen an Vorstellungen Newtons an, der im Jahre 1687 in seinem Werk „Philosophiae naturalis principia mathematica“ dargelegt hatte, daß ein Gas aus kleinsten materiellen Partikeln oder Atomen besteht, die sich mit einer Kraft abstoßen, die mit der Abnahme ihrer gegenseitigen Entfernung proportional wächst. Dalton klärte seine Frage nun dadurch, daß er die Abstoßung nur für die Teilchen einer bestimmten Gasart zuließ, während die Teilchen der anderen Gasart nicht abgestoßen werden sollten.

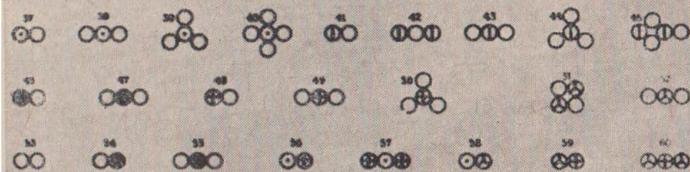
Dalton legte dar, daß sich diese kleinsten Partikel nicht nur in der Phase Gas/Gas lösen, sondern auch in der Phase Gas/Flüssigkeit. Die Löslichkeit verschiedener Gase in Wasser erklärte er so, „daß diese Verschiedenheit von der Schwere, dem Gewicht und der Zahl der kleinsten Teilchen in verschiedenen Gasarten abhängt. Welche leichtere und weniger Teile haben, sind minder verschiebbar. Nachforschungen über die verhältnismäßige Schwere der kleinsten Teilchen der Körper

Daltons Elementsymbole und Darstellungen von Verbindungen.

ELEMENTE



VERBINDUNGEN



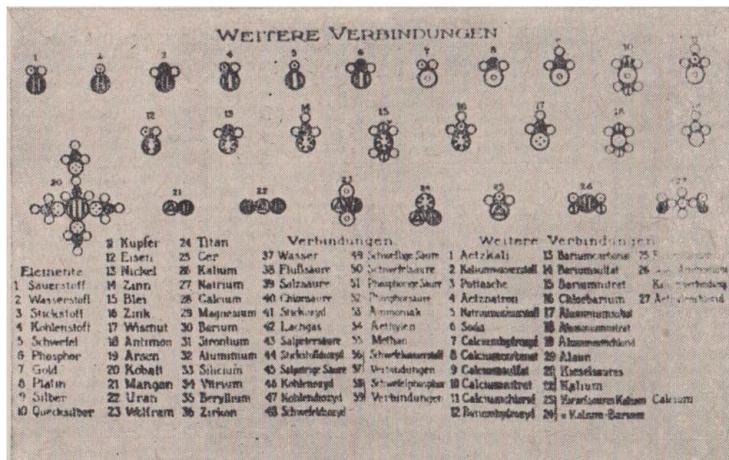
sind, soviel ich weiß, ein ganz neuer Gegenstand. Ich habe vor kurzem diese Untersuchung mit einem Erfolg begonnen“ [25; S. 12/13].

Als Ergebnis seiner Forschungen nach den relativen Gewichten der kleinsten Teilchen veröffentlichte *Dalton* im Jahre 1803 eine Tabelle „Verhältnis der Gewichte der kleinsten Teilchen von gasförmigen und anderen Körpern“. Er legte für Wasserstoff die Atommasse 1 zugrunde und bestimmte die relativen Massen für Stickstoff (4,2), Kohlenstoff (4,3), Schwefel (14,4), Wasser (6,5) und andere Stoffe.

Diese konkreten atomistischen Vorstellungen übertrug *Dalton* auch auf die Chemie und die sich dort vollziehenden Vorgänge. Von *Prousts* Erkenntnissen über die konstanten Proportionen ausgehend, hatte er entdeckt, daß auch in mehreren verschiedenen Verbindungen zweier Elemente, zum Beispiel Kupfer(I)-oxid und Kupfer(II)-oxid oder Methan und Äthen, die Massen der Elemente in bestimmten Proportionen zueinander stehen. Er entdeckte das Gesetz der „multiplen Proportionen“. Die Gesetze der konstanten und multiplen Proportionen erklärte *Dalton* mit Hilfe der Atomtheorie, indem er die chemischen Reaktionen als Vereinigung beziehungsweise Trennung der Atome der beteiligten Stoffe betrachtete. Nur so ließ sich erklären, warum es keine kontinuierlichen Übergänge von einer Verbindung zur anderen, sondern nur sprunghafte Veränderungen gab. Jedes Atom eines bestimmten Elementes mußte dabei neben einer bestimmten Masse auch spezifische Eigenschaften besitzen und unteilbar sein.

Zu dieser Annahme äußerte *Dalton*:

„Ob die letzten Theilchen eines Stoffes, wie Wasser, alle gleich sind, d. h. von derselben Gestalt, demselben Gewicht usw., ist eine Frage von einiger Wichtigkeit. Aus dem, was wir wissen, haben wir keinen Grund, eine Verschiedenheit dieser Theile zu vermuten: besteht eine solche im Wasser, so muß sie gleicherweise in den Elementen, welche das Wasser bilden, nämlich im Wasserstoff und Sauerstoff bestehen. Wären einige Wassertheilchen leichter als andere, und wird ein Theil der Flüssigkeit bei irgendeiner Gelegenheit von solchen leichteren Theilchen gebildet, so müßten sie das specifische Gewicht des Wassers beeinflussen, ein Umstand,

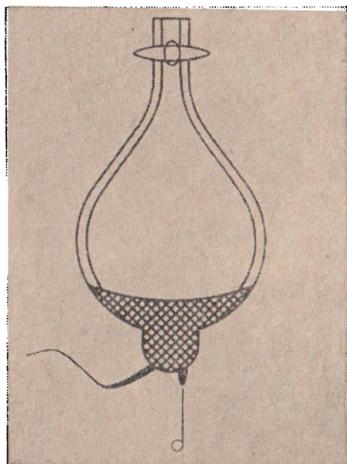


der nicht bekannt ist. Ähnliche Bemerkungen können über jeden anderen Stoff gemacht werden; wir können daher schließen, daß die letzten Theilchen aller homogenen Stoffe völlig gleich in Gewicht, Gestalt etc. sind. Mit anderen Worten, jedes Atom Wasser ist gleich jedem Atom Wasser; jedes Atom Wasserstoff ist gleich jedem anderen Atom Wasserstoff“ [26; S. 15]. Dalton unterschied dabei nicht zwischen den kleinsten Teilchen einer Verbindung und denen eines Elementes, also zwischen Molekülen und Atomen. Für Moleküle gebrauchte er den Begriff „zusammengesetzte Atome“.

Den Gegenstand der Chemie trefflich umreißend, schrieb Dalton: „Die chemische Synthese und Analyse geht nicht weiter, als bis zur Trennung der Atome und ihrer Wiedervereinigung. Keine Neuerschaffung oder Zerstörung des Stoffes liegt im Bereich chemischer Wirkung... Alle Änderungen, welche wir hervorbringen, bestehen in der Trennung von Atomen, welche vorher im Zustande der Cohäsion oder Verbindung waren, und in der Vereinigung solcher, welche vorher getrennt waren“ [26; S. 16].

Daltons Atommassebestimmungen waren noch ungenau, aber seine Atomtheorie vermittelte klare Vorstellungen vom Aufbau der Elemente und Verbindungen und ermöglichte es, chemische Vorgänge quantitativ zu erklären und vorauszusagen. Die meisten Chemiker seiner Zeit griffen die Daltonischen Ideen sofort auf und vervollkommeneten sie.

Besonderes den Arbeiten des schwedischen Chemikers J. J. Berzelius ist es zu danken, daß die Atommassebestimmungen exakter durchgeführt und zur Grundlage chemischer Formeln werden konnten, welche die Zusammensetzung chemischer Verbindungen richtig widerspiegeln. Vor Berzelius benutzte bereits Dalton die Atomtheorie als Grundlage für eine neue chemische Symbolik. Dalton verwarf die bis zu seiner Zeit gebräuchlichen Formeln, da sie das Wesen einer chemischen Verbindung nicht ausdrückten, und führte für jedes Element ein bestimmtes Zeichen ein, wobei jedes Zeichen ein Atom des betreffenden Elementes zum Ausdruck bringen sollte. Die Vereinigung mehrerer Elemente zu einer Verbindung gab er dann folgerichtig durch Aneinanderreihung der Zeichen wieder.



Eudiometer,
wie ihn Dalton bei seinen Untersuchungen
gasförmiger Kohlenwasserstoffe
benutzte

Daltons Formeln gaben jedoch nicht in jedem Falle Auskunft über die tatsächliche Anzahl der Atome, die ein Molekül einer Verbindung aufbauen, denn die quantitative Elementaranalyse gab ihm ja nur Auskunft über das relative Massenverhältnis der in der Verbindung enthaltenen Elemente.

Um dennoch eine Formel aufstellen zu können, erfand Dalton das „Prinzip der größten Einfachheit“. Er setzte willkürlich voraus, daß bei der Vereinigung zweier Elemente zu nur einer Verbindung jeweils nur ein Atom an der Reaktion beteiligt ist. Den kleinsten Teil der Verbindung Wasser zum Beispiel dachte er sich aus einem Atom Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff zusammengesetzt.

Daltons Arbeiten waren für die weitere Entwicklung der Chemie von grundlegender Bedeutung. Berzelius bezeichnete sie mit Recht als den wichtigsten Schritt, den die Chemie zu ihrer Vollkommenheit als Wissenschaft je getan hat. Durch die Dalton'sche Atomtheorie wurde die empiristische Methode in der Chemie überwunden und die Bedeutung der Theorie für die experimentelle chemische Forschung deutlich. Friedrich Engels sah in Dalton den „Vater der neueren Chemie“ [5; S. 312]. Dalton'sche Atomtheorie spielte im 19. Jahrhundert bei der Entwicklung der theoretischen Chemie und der Ausarbeitung einer rationalen Technologie für die entstehende chemische Großindustrie eine bedeutende Rolle. Durch Dalton wurde eine alte materialistische Lehre, die Atomistik, naturwissenschaftlich bestätigt. Damit war ein wichtiger Beitrag für die Ausbreitung des materialistischen Denkens unter den Naturforschern des 19. Jahrhunderts geleistet worden. Dalton'sche Atomtheorie förderte auch die Entwicklung der dialektisch-materialistischen Weltanschauung. Friedrich Engels berief sich in seinem Werk „Dialektik der Natur“ wiederholt auf diese Arbeiten und wies u. a. nach, daß das dialektische Gesetz des Übergangs quantitativer Veränderungen in qualitative in der Chemie auch durch das Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen konkretisiert und damit naturwissenschaftlich begründet worden ist.

Joseph Gay-Lussac

Joseph Gay-Lussac gehört zu den Chemikern, die in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Grundlagen der klassischen Chemie schufen. Sein Hauptverdienst um die Erforschung chemischer Gesetzmäßigkeiten, insbesondere um die Atomtheorie, besteht in der Entdeckung des Volumengesetzes.

Joseph Gay-Lussac wurde am 6. Dezember 1778 in St. Leonard, einer Kleinstadt in der Provinz Limousin, geboren. Nachdem er im Elternhaus eine streng katholische Erziehung erhalten hatte, kam er mit 15 Jahren in die Pension von Sencier nach Paris, wo vor allem seine mathematische Begabung auffiel und gefördert wurde.

Sein Leben verlief in einer Periode grundlegender ökonomischer, politischer und ideologischer Umgestaltungen der französischen Gesellschaft. Die Französische Revolution 1789 bis 1794 erlebte er als Kind. Seine wissenschaftliche Tätigkeit fällt in die Zeit der Herrschaft *Napoleons* und der Restauration der Bourbonen. Damals bildete sich in Frankreich die kapitalistische Produktionsweise heraus, mit der sich die Naturwissenschaften schnell entwickelten. Staatliche Maßnahmen wirkten dabei fördernd.

Die besondere Pflege der Naturwissenschaften in mehreren französischen Schulen entsprach den Bedürfnissen der Produktion und bedeutete einen gesellschaftlich notwendigen Fortschritt im französischen Bildungswesen. Es war beispielgebend für Europa.

In Paris besuchte *Gay-Lussac* das Polytechnikum („*École Centrale des Travaux*“) und anschließend die „*École des ponts et chaussées*“, wo *Berthollet* sein Lehrer war. Mit ihm verband *Gay-Lussac* eine Freundschaft, die seine Entwicklung zu einem bedeutenden Wissenschaftler wesentlich beeinflußte.

Nach Abschluß der „*École des ponts et chaussées*“ war er kurze Zeit in einem chemischen Betrieb tätig und wurde anschließend 1802 als „*répétiteur*“ an der „*École Polytechnique*“ angestellt. 1809 wurde er Professor der Chemie an der „*École Polytechnique*“ und Professor der Physik an der Sorbonne und später noch Professor der Physik am „*Jardin de Plantes*“.

Seine Frau *Josephine* interessierte sich stark für Chemie und unterstützte ihn vor allem in seiner umfangreichen literarischen Tätigkeit.

Mehrmals verletzten ihn Explosionen schwer. Die letzte trug zu einer langen und schmerzhaften Krankheit bei, der er am 9. Mai 1850 erlag.

Vor der Akademie der Wissenschaften hielt *Gay-Lussac* seinen ersten wissenschaftlichen Vortrag „Sur la précipitation matérielle des oxydes métalliques“ [27; S. 21]. Sein Hauptverdienst um die Erforschung chemischer Gesetzmäßigkeiten, insbesondere um die Atomtheorie, besteht in der Auffindung des Volumengesetzes. Dabei war es notwendig, über qualitative Betrachtungen hinauszugehen und die Ergebnisse quantitativer Untersuchungen als Bedingung und Kriterium für Aussagen zu betrachten. Damit begann sich in der Chemie die Ansicht über den Zusammenhang von Qualität und Quantität herauszubilden. Das trug wesentlich dazu bei, die metaphysische Naturauffassung zu überwinden.

Namentlich seine Entdeckung des Gesetzes der multiplen Volumenverhältnisse wirkte sich tiefgreifend auf die Entwicklung der physikalischen und theoretischen Chemie aus. Mit dem kurz zuvor durch *Dalton* entdeckten Gesetz der multiplen Proportionen stellt es eine Grundlage für die Theorie der chemischen Verbindungen dar.

Gay-Lussac hatte im Jahre 1805 gemeinsam mit *A. v. Humboldt* die Volumenverhältnisse bei der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff untersucht und festgestellt, daß sich ein Volumen Sauerstoffgas mit dem doppelten Volumen Wasserstoffgas verbindet [28].

Mit den Arbeiten über Gasreaktionen knüpfte *Gay-Lussac* an bereits vorliegende Untersuchungen an. Da die Masse von Gasen, auch wenn sie in größeren Raummengen vorliegen, verhältnismäßig klein ist und schwieriger als das Volumen bestimmt werden kann, versuchte bereits *Lavoisier*, die Volumenverhältnisse bei der Verbindung von Sauerstoff- und Wasserstoffgas zu ermitteln. Mit den Volumenverhältnissen, unter denen Wasserstoff und Stickstoff als Zersetzungspprodukte des Ammoniaks auftreten, hatte sich *Berthollet* beschäftigt. So lagen über die Volumenverhältnisse bei einigen Gasreaktionen Angaben vor.

Gay-Lussac griff dieses Problem wieder auf und untersuchte die Volumenverhältnisse weiterer Gasreaktionen. Die Ergebnisse legte er im Jahre 1808 in der Veröffentlichung „Über die Verbindung gasförmiger Körper eines mit dem anderen“



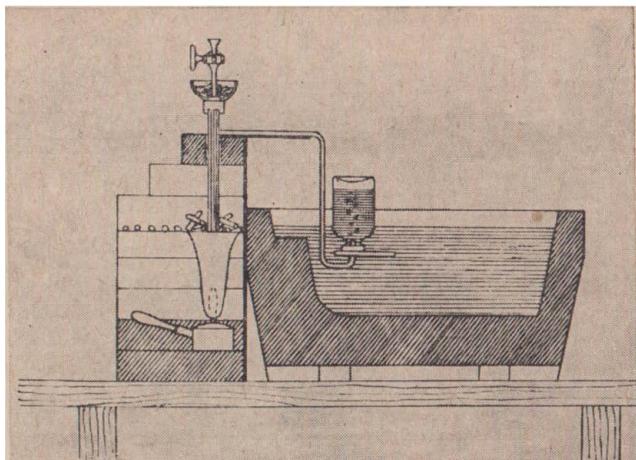
dar. Er wollte „beweisen, daß die gasförmigen Körper sich untereinander nach sehr einfachen Verhältnissen verbinden, und daß auch die Raumminderung, welche in diesen Verbindungen erfolgt, sich nach einem bestimmten Gesetz richtet“ [28; S. 21/22].

Das Gesetz der multiplen Volumenverhältnisse fand *Gay-Lussac* auf empirischem Wege, ohne dabei auf empiristische Positionen abzugleiten. Er setzte sich nicht das Ziel, alle irgendwie bekannten Verbindungen von Gasen auf die dabei entstehenden Volumenverhältnisse zu untersuchen, sondern beschränkte sich auf eine verhältnismäßig kleine Zahl. Daraus leitete er das Gesetz ab und folgerte weiter. Die theoretischen Aussagen verglich er anschließend mit bereits vorliegenden und auf völlig anderem Wege gefundenen Daten und fand so sein Gesetz bestätigt. Dadurch konnte er sich auf Materialien stützen, deren Erarbeitung die Kraft eines Forschers weit überstiegen hätte. So nutzte er zum Beispiel bekannte Bestimmungen von Gasdichten beziehungsweise Bestimmungen der Verbindungsgewichte nicht gasförmiger Verbindungen aus.

Gay-Lussac zeigte auch, daß sein Gesetz die Möglichkeit bot, noch unbekannte Gasdichten aus bekannten Verbindungsgesetzen zu berechnen. „Die Bemerkung, daß die brennbaren Gasarten sich mit Sauerstoff in den einfachen Verhältnissen 1:1, oder 1:2, oder 1: $\frac{1}{2}$ verbinden, kann uns ein Mittel in die Hand geben, die Dichtigkeit der Dämpfe der brennbaren Körper zu bestimmen, oder wenigstens dieser Bestimmung uns sehr zu nähern. Denken wir uns alle brauchbaren Körper in der Gasgestalt, so würde von jedem ein bestimmtes Volumen ein gleiches, oder das doppelte, oder das halbe Volumen Sauerstoffgas verschlucken. Nun aber kennen wir die Verhältnisse, in welchen Sauerstoff sich mit brennbaren Körpern, die sich im festen oder flüssigen Zustand befinden, vereinigt; wir brauchen also nur das Volumen des Sauerstoffs in Gasgestalt zu berechnen, und den Dampf des brennbaren Körpers entweder diesem Volumen selbst, oder dem Doppelten, oder der Hälfte desselben gleichzusetzen“ [28; S. 34].

Die Klarheit und Folgerichtigkeit bei der Darlegung der Ergebnisse und Gedanken sind beispielhaft. Es ist *Avogadros* Verdienst (1811), die von *Gay-Lussac* gefun-

Apparatur zur
organischen Elementar-
analyse von Gay-Lussac
und Thénard
aus dem Jahre 1810



denen Gesetzmäßigkeiten der Raumverhältnisse bei der chemischen Umsetzung gasförmiger Stoffe durch die Hypothese zu erklären, daß gleiche Gasräume verschiedener Stoffe die gleiche Anzahl kleinsten Teilchen enthalten, wobei er als erster streng zwischen den kleinsten Partikelchen einer Verbindung, die nicht mehr physikalisch, wohl aber chemisch noch teilbar sind, und kleinsten Teilchen der Elemente unterschied. Die Verbindung des *Gay-Lussacschen* Volumengesetzes mit der Hypothese von *Avogadro* stellte erst *Cannizzaro* her, der damit zum Begründer der Molekulartheorie wurde. Davon ausgehend konnte man über die Dichte der gasförmigen Verbindungen Molekülmassen bestimmen. Durch *Gay-Lussacs* Arbeiten erhielt die Lehre von den Dichten der Dämpfe erst für die Chemie Bedeutung. Damit war eine sichere Grundlage gefunden, um die Zusammensetzung von Verbindungen, die ohne Zersetzung in den gasförmigen Zustand übergehen, aus den Dichten der gasförmigen Verbindungen und den Dichten der Elemente im Dampfzustand zu bestimmen. *Berzelius* wertete das Volumengesetz mit großem Erfolg zur Aufklärung der einfachsten Verbindungsgesetze aus, gemäß denen sich verschiedene Elemente vereinigen.

Gay-Lussac half wesentlich, das *Proustsche* Gesetz der konstanten Proportionen zu festigen. Was *Proust* für die festen Stoffe gezeigt hatte, bestätigte *Gay-Lussac* auch für die gasförmigen. *Gay-Lussac* arbeitete mit hervorragenden Gelehrten zusammen. Dieser für seine Arbeitsweise charakteristische Zug führte zu mehreren bedeutenden Veröffentlichungen. Er untersuchte gemeinsam mit *A. v. Humboldt* Volumenverhältnisse bei Gasreaktionen. Mit *Biot* unternahm er im Jahre 1804 Luftfahrten, um Temperatur und Feuchtigkeit in der Atmosphäre zu untersuchen. Zusammen mit *Welter* entdeckte er die schweflige Säure. Eine enge Freundschaft verband ihn mit *L. J. Thénard*, mit dem er die Elementaranalyse entwickelte. Eine wissenschaftliche Schule im heutigen Sinne hat *Gay-Lussac* jedoch nicht gebildet. Er hatte nur wenige Mitarbeiter, die in seinem Laboratorium aufgenommen wurden, wenn sie bereits Grundkenntnisse besaßen.

Einer seiner Mitarbeiter war der junge *Liebig*, den er auf *A. v. Humboldts* Empfehlung einstellte und der bei ihm die systematische chemische Analyse kennengelernte.

Louis Jacques Thénard, 1777 bis 1857
hervorragender Analytiker
(Thénards-Blau-Reaktion),
entwickelte gemeinsam mit Gay-Lussac
die Elementaranalyse



Liebig und *Gay-Lussac* untersuchten gemeinsam knallsaure Salze. Sie bewiesen, daß diese Verbindungen eine Säure enthalten, die „nur aus einem Atome Cyanogen und einem Atome Sauerstoff besteht“ [29; S. 108]. Diese Arbeit entwickelte zugleich die organische Analyse weiter. Unter *Gay-Lussacs* Veröffentlichungen ist besonders die Monographie über das Jod zu erwähnen [30]. Viele Jahrzehnte war sie das Vorbild für die Beschreibung eines einzelnen Elementes und seiner wesentlichen Reaktionen.

Gay-Lussac war in verschiedenen staatlichen Kommissionen tätig und verfaßte im unmittelbaren amtlichen Auftrag zahlreiche Schriften. Dadurch trug er dazu bei, die wissenschaftliche Erkenntnis rasch in die Praxis umzusetzen. Seine alkoholometrischen Methoden wurden dem Gesetz zur Bestimmung des Gehalts alkoholischer Flüssigkeiten zugrunde gelegt. Im Jahre 1830 wurde erstmalig die von ihm ausgearbeitete Methode der volumetrischen Bestimmung des Silbers auf nassem Wege eingeführt. Die Anwendung des *Gay-Lussac*-Turmes zur Absorption der nitrosen Dämpfe steigerte die Schwefelsäureproduktion wesentlich.

Gay-Lussac war ein ausgezeichneter Experimentator, der in bescheiden eingerichteten Laboratorien mehrere, für die weitere Entwicklung der Chemie höchst bedeutungsvolle Erscheinungen und Gesetze erkannte. Er stand auf der Höhe des wissenschaftlichen Niveaus seiner Zeit und war daher in der Lage, experimentelle Fragestellungen zu finden, deren Lösung die Entwicklung der Chemie mit entscheidend beeinflußte.

Amadeo Avogadro

Zu den Naturforschern, die zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Grundgesetze der Chemie aufstellten, gehört auch der Italiener *Amadeo Avogadro*, mit seinem vollständigen Namen *Amadeo di Quaregna Avogadro*.

Im Gegensatz zu seinen Zeitgenossen, deren Arbeitsergebnisse bald Allgemeingut der Wissenschaftler wurden, dauerte es fast ein halbes Jahrhundert, bis die Ansicht *Avogadros*, daß „die Molekulargewichte aller Stoffe im Gaszustande unter vergleichbaren Umständen gleich große Räume erfüllen“ in die Chemie endgültig Eingang



fand. Das hatte vor allem seinen Grund darin, daß erst mit der raschen Entwicklung der organischen Chemie die Moleküle größere Beachtung erforderten. Zu Beginn der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war in der organischen Chemie ein Durcheinander von Begriffen eingetreten, das auf die Entwicklung der Wissenschaft hemmend wirkte. Die Atommassen *Berzelius'*, *Dumas'*, *Gerhardts* und *Laurents* sowie die Äquivalentmassen von *Gmelin* wurden nebeneinander angewandt. Diesen unhaltbaren Zustand beseitigte der italienische Chemiker *Stanislao Cannizarro*, indem er in einer grundsätzlichen Abhandlung dem Satz von *Avogadro* zur Anerkennung verhalf.

Cannizarro war auf dem Wege der geschichtlichen Untersuchung zu der Einsicht gelangt, daß „die in den letzten Jahren gemachten Fortschritte der Wissenschaft die Hypothesen von *Avogadro*, *Ampère* und *Dumas* über die gleichartige Beschaffenheit der Körper im Gaszustande bestätigen, d. h. die Annahme, daß gleiche Volumina derselben, mögen sie einfach oder zusammengesetzt sein, eine gleiche Anzahl von Molekülen enthalten, keineswegs aber eine gleiche Anzahl von Atomen“ [31; S. 223].

Mit den Untersuchungen *Avogadros* wurde Italien das Geburtsland der Molekulartheorie. Wie *Lavoisier* und andere Naturforscher dieser Zeit war *Avogadro* in erster Linie Physiker und ging als Physiker und nicht als Chemiker an die Lösung seiner Aufgabe.

Der am 9. August 1776 in Turin geborene *Avogadro* war der Sohn eines Staatsbeamten. Er studierte zunächst Rechtswissenschaften und promovierte 1796 zum Doktor der Rechte. Seine erste juristische Tätigkeit war die eines Armenadvokaten. Später war er als Generaladvokat tätig. Schon frühzeitig an Naturwissenschaften interessiert, widmete er sich nach seiner juristischen Tätigkeit dem Studium der Mathematik und Physik und legte schon 1803 gemeinsam mit seinem Bruder der Akademie von Turin eine Arbeit über Elektrizität vor. Er wurde 1809 Professor am Lyzeum in Vercelli und 1820 Professor der mathematischen Physik in Turin. *Avogadro* konnte dieses Lehramt vorerst nur zwei Jahre ausüben, da dieser Lehrstuhl 1823 infolge der politischen Bewegungen eingezogen wurde. Erst 1833 konnte *Avogadro* seine Lehrtätigkeit wieder aufnehmen. Er verstarb am 9. Juli 1856 in Turin. Außer diesen wenigen Daten ist über das Leben *Avogadros* nichts bekannt. *Hermann*

Kopp, der in seiner Geschichte der Chemie (1843 bis 1847) eingehende biographische Mitteilungen veröffentlichte, hat in dem genannten Werk den Namen *Avogadros* nicht einmal erwähnt. In einer späteren Arbeit schrieb er über die wissenschaftliche Leistung *Avogadros*: „... hätte sie nur zu der experimentellen Entscheidung als wichtig betrachteter Fragen Veranlassung gegeben, so würde seine Mitteilung nicht so gänzlich vernachlässigt geblieben sein, wie dies der Fall war: als eine rein spekulative Beschäftigung... eines Mannes, von welchem... keine anderen Arbeiten bekannt waren“ [32; S. 354].

Avogadro nahm immer Partei für den Fortschritt und das Wohl der Menschen. Die Tätigkeit eines Armenadvokaten, die nur geringe finanzielle Vorteile versprach, erforderte entweder den Besitz eines beachtlichen Vermögens – darüber ist aus den wenigen biographischen Hinweisen nichts ersichtlich – oder ein hohes Maß an Verantwortung gegenüber den Schichten der damaligen Gesellschaft, die schutzlos der Ausbeutung und Unterdrückung ausgesetzt waren. Dieses Verantwortungsbewußtsein sollten wir bei *Avogadro* annehmen. Bestärkt wird diese Annahme noch durch die Tatsache, daß er als Präfektursekretär in den Dienst der französischen Republik trat, nachdem Oberitalien von den Truppen der französischen Republik unter *Napoleon Bonaparte* besetzt worden war.¹

In seinem gesellschaftlichen und später naturwissenschaftlichen Wirken zeigt sich der große Einfluß, den die französische Aufklärung auch auf die italienischen Gelehrten gehabt hat. Achtung der Rechte der Menschen und rationalistisches, stark von der Mathematik beeinflußtes Denken in den Naturwissenschaften zeichnen *Avogadro* aus.

Neben dem Gesetz von der Erhaltung der Masse und dem Gesetz der konstanten Proportionen gehört der Satz von *Avogadro* zu den Grundlagen der klassischen Chemie. Im Anschluß an die Untersuchungen *Gay-Lussacs* und *Alexander v. Humboldts*

¹ Wie mangelhaft die Kenntnis über das Leben *Avogadros* war, zeigt, daß über das Jahr seines Todes verschiedene Angaben vorliegen. Oft findet man in der Literatur (so bei Ostwald) das Jahr 1850 als Todesjahr. Selbst über das genaue Geburtsdatum gab es Zweifel.

Eine umfassende Würdigung *Avogadros* findet sich in: Monographien aus der Geschichte der Chemie. Herausgegeben von G. W. A. Kahlbaum. 7. Heft, Leipzig, 1903.

Porträt Avogadros
auf einer Sonderbriefmarke
der italienischen Post
aus Anlaß
seines 100. Todesdays



über die chemische Verbindung von Gasen versuchte *Avogadro* für die Volumenverhältnisse bei chemischen Reaktionen zwischen Gasen eine besonders einfache Darstellung zu erhalten, indem er davon ausging, daß in gleichen Raumteilen verschiedener Gase gleich viele kleinste Teilchen angenommen werden müssen. Mit dieser Hypothese hat *Avogadro* eigentlich den Schlußstrich gezogen unter eine Diskussion, die zwischen *Dalton* und *Gay-Lussac* begann, nachdem letzterer im Jahre 1808 sein Volumengesetz aufgestellt hatte. In diesem Gesetz stellte er fest, daß sich zwei Gase stets in einfachen Volumenverhältnissen verbinden, und *Dalton* erwidert darauf, daß *Gay-Lussacs* Ansicht über die Volumina die gleiche sei, wie seine über die Atome. Wenn bewiesen werden könne, daß alle Gase in gleichen Raumteilen die gleiche Anzahl von Atomen enthielten, seien beide Hypothesen identisch, mit dem Unterschied, daß die *Daltonsche* Hypothese allgemeingültig [S. 77], die *Gay-Lussacs* jedoch nur für Gase anwendbar sei [S. 81].

Es schien damals eine wirkliche Schwierigkeit zu bestehen, *Gay-Lussacs* Volumengesetz mit der atomistischen Theorie *Daltons* in Einklang zu bringen. *Avogadro* hat den Weg gefunden, diese Schwierigkeiten zu umgehen. Er unterschied bewußt zwischen „einfachen“ Molekülen, die sich verbinden können, und „zusammengesetzten“ Molekülen. An Stelle des bisher üblichen Begriffs Atom führte *Avogadro* die Begriffe „Elementarmoleköl“ und „integrierendes Moleköl“ ein, Begriffe, die den Begriffen „Atom“ beziehungsweise „Moleköl“ entsprechen. Er dachte sich die gasförmigen Körper aus Molekülen zusammengesetzt, deren Anordnung vom Druck und von der Temperatur abhängig ist. Aus dieser Spekulation, die jedoch eine experimentelle Grundlage hatte, schloß *Avogadro*: Wenn zwei Gasvolumina unter gleichem Druck und bei gleicher Temperatur gleich groß sind, so muß man annehmen, daß auch in einem jeden Volumen, unabhängig von der Zusammensetzung des Gases oder Dampfes, die gleiche Anzahl von Molekülen enthalten ist. In seiner berühmten Abhandlung „Versuch einer Methode, die relativen Massen der Elementarmolekülen der Stoffe und die Verhältnisse, nach welchen sie in Verbindung eintreten, zu bestimmen“ schreibt er deshalb: „Man muß daher annehmen, daß auch zwischen den Volumen der gasförmigen Stoffe und der Anzahl der Molekülen, welche sic bilden, sehr

einfache Verhältnisse bestehen. Die Hypothese, welche sich hier auf den ersten Blick darbietet und welche sogar die einzige zulässige zu sein scheint, ist die Annahme, daß die Anzahl der zusammensetzenden Molekülen in jedem Gase bei gleichem Volum stets dieselbe sei, oder stets proportional dem Volum. Denn nimmt man an, daß die Zahl der Molekülen in gleichen Volumen verschiedener Gase verschieden sei, so wäre es nicht mehr begreiflich, daß das Gesetz, welches die Entfernung der Molekülen bestimmt, in allen Fällen so einfache Verhältnisse ergeben könnte, wie die erwähnten Tatsachen uns zwischen dem Volumen und der Anzahl der Molekülen anzunehmen zwingen . . .“ [33; S. 3].

Avogadro bezweifelte nie, daß seine Hypothese die Grundgedanken *Daltons* bestätigte. Er sah eine Möglichkeit, „insbesondere die Größe der zusammengesetzten Molekülen nach den Volumen der zusammengesetzten Gase anzugeben . . .“ [33; S. 7]. Nachdem *Cannizarro* und *Dumas* dem Satz von *Avogadro* zur Anerkennung verholfen hatten, war es besonders *Walter Nernst*, der dieser Hypothese den ihr gebührenden Platz einräumte. Sein 1893 erschienenes Lehrbuch der theoretischen Chemie, dem er den Titel gab „Theoretische Chemie vom Standpunkte der *Avogadroschen* Regel und der Thermodynamik“ erlebte bis 1926 viele Auflagen. Im Vorwort zur 1. Auflage schrieb *Nernst*: „. . . daß für die theoretische Behandlung chemischer Prozesse . . . die Regel von *Avogadro* . . . ein fast unerschöpfliches, von der Molekulärtheorie geschenktes Füllhorn zu sein scheint . . .“ [34; S. VII].

Wie stark zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Reaktionen gasförmiger Stoffe die Chemiker interessierten, vor allem diejenigen, die weniger experimentell als vielmehr spekulativ an die Lösung der Probleme herangingen, zeigt ein Brief *Ampères* an *Berthollet*, in dem er seine Ansichten „über die Bestimmung der Verhältnisse, in welchen sich die Körper nach der Zahl und der wechselseitigen Anordnung der Molekülen, aus denen ihre integrierenden Partikel zusammengesetzt sind, verbinden“ mitteilte. *Ampère* hatte erkannt, daß die Untersuchungen von *Gay-Lussac* auch zur Bestimmung der Verhältnisse einer großen Anzahl anderer Verbindungen dienen können, die im Normzustand nicht gasförmig vorliegen. Obwohl *Ampère* in seiner Mitteilung die Bemerkung macht, er habe nach der Abfassung seiner Abhandlung

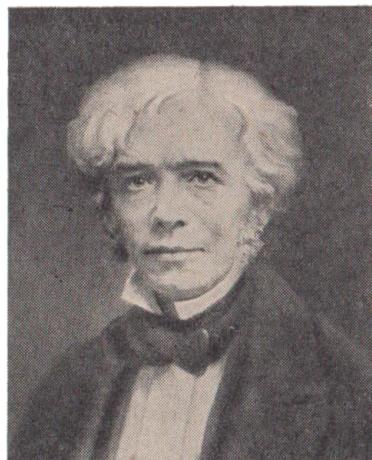
erfahren, „daß Herr *Avogadro* dieselbe Idee als Grundlage einer Arbeit über die Verhältnisse der Elemente in chemischen Verbindungen benutzt hat“ [33; S. 24], hat auch diese Notiz nicht dazu beitragen können, daß der Satz von *Avogadro* sofort Beachtung fand.

Ein wesentlicher Grund für die Ignorierung der Arbeit *Avogadros* war wohl, daß den meisten Chemikern seiner Zeit der von ihm gemachte Unterschied zwischen Atom und Molekül nicht verständlich war. Selbst *Berzelius* verwechselte unter dem Einfluß seiner elektrochemischen Auffassung die Atome *Daltons* mit den Molekülen *Avogadros* und behauptete, im gleichen Gasvolumen sei die gleiche Anzahl Atome enthalten. Dieser Meinung wurde damals viel Wert beigemessen. *Lothar Meyer* setzte sich für die Anerkennung der Priorität der Leistungen *Avogadros* ein: „... deren Mißgeschick ... wesentlich darin bestand, daß sie von Anfang an in einer uns jetzt sonderbar erscheinenden Weise mißverstanden, die Moleküle *Avogadros* ohne weiteres mit *Daltons* Atomen identifiziert wurden, obschon es keinem aufmerksamen Leser der Abhandlung *Avogadros* entgehen kann, daß diese in seiner Auffassung nur Teile jener sein konnten und sollten“ [35; S. 159].

Die Bedeutung *Avogadros* besteht darin, daß er zu den Naturwissenschaftlern gehört, die mittels physikalischer Methoden chemische Reaktionen erforschen wollten und so dazu beigetragen haben, die Chemie zu einer exakten Wissenschaft zu machen. *Avogadro* war kein Experimentalchemiker wie die großen Chemiker des 19. Jahrhunderts, er hat aber stets den Fortschritten der Chemie auf experimentellem Gebiet größte Aufmerksamkeit entgegengebracht und sein besonderes Interesse der Entwicklung der chemischen Theorien gewidmet.

Michael Faraday

Michael Faraday wuchs in eine Zeit hinein, in der sich in England der Kapitalismus gegenüber dem Feudalismus endgültig durchgesetzt hatte und festigte. Diese Situation spiegelte die klassische englische politische Ökonomie wider, in der als Ideal eine vollkommene Freiheit des wirtschaftlichen Handelns propagiert und die Interessen



der sich mächtig entwickelnden Bourgeoisie als die Interessen der gesamten Gesellschaft erklärt wurden. Die großen technischen Erfindungen des 18. Jahrhunderts wurden in der Industrie voll wirksam und interessierten große Teile der Bevölkerung für naturwissenschaftliche und technische Probleme. Den Typ des sogenannten englischen Privatgelehrten löste eine neue Generation von Wissenschaftlern ab, deren hervorragende Vertreter aus dem Bürgertum stammten.

Michael Faraday, der als Kind eines armen Schmiedes am 22. September 1791 in London geboren wurde und sich als Autodidakt sein Wissen erwarb, erforschte die Naturgesetze unvoreingenommen. Er erhielt nur eine dürftige Volksschulbildung und mußte bereits mit 12 Jahren als Zeitungsbote einer Buchhandlung Geld verdienen, ein Ausdruck der Not und des Elends, in die die kapitalistische Entwicklung große Teile der englischen Bevölkerung während der industriellen Revolution stürzte. Mit 13 Jahren wurde er Buchbinderlehrling. Ein Bändchen „Gespräche über Chemie“ weckte sein Interesse an dem Fach Chemie, so daß er versuchte, einige in diesem Buch beschriebene Experimente zu wiederholen. Er nahm an populärwissenschaftlichen Vorträgen teil und schloß Freundschaften mit Studenten, deren Bücher er einband. Die Abschnitte über die Elektrizität in der „Encyclopaedia britannica“ veranlaßten ihn, sich mit Hilfe seines älteren Bruders, eines Klempnergehilfen, eine *Volta*sche Säule zu bauen.

Im Jahre 1812 war *Faraday* als Buchbindergeselle beschäftigt, er mußte aber derartig viel arbeiten, daß er kaum noch Zeit für naturwissenschaftliche Studien fand. Ein Besuch der Vorlesungen des Chemikers *Davy* in der Royal Institution begeisterte ihn so, daß er diese Vorträge sauber abschrieb, mit Abbildungen versah und einband. Dieses Büchlein sandte er *Davy* mit der Bitte, bei ihm als Laboratoriumsgehilfe arbeiten zu dürfen. *Davy* erfüllte diesen Wunsch und erkannte bald in *Faraday* einen geeigneten Mitarbeiter. 1813 durfte *Faraday* ihn auf seiner Reise nach Frankreich, Italien, Schweiz, Tirol und Deutschland begleiten. Als Assistent und zugleich Reisemarschall *Davys* konnte er viele berühmte Wissenschaftler seiner Zeit kennenlernen.

Bereits im Jahre 1816 hielt er Vorlesungen über chemische Themen. Seine erste selbständige Arbeit über die Analyse des Toskanaer Branntkalkes erschien 1817.

Englische Karikatur
auf die chemischen
Experimente an der
Royal Institution



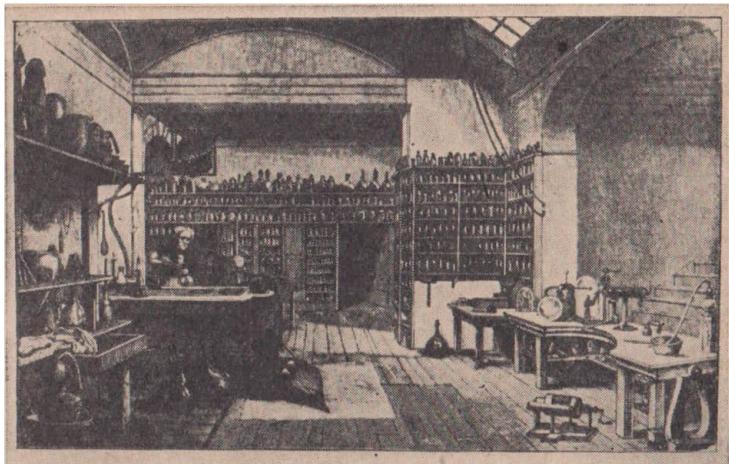
Gepackt von einem falschen Ehrgeiz wollte der in seiner Schaffenskraft nachlassende *Davy* *Faradays* Entdeckungen, die er anregte, als sein alleiniges geistiges Eigentum betrachten. *Faradays* wissenschaftlicher Aufstieg war aber nicht mehr aufzuhalten. Er hatte sich vom Laboratoriumsgehilfen zum selbständigen Wissenschaftler heraufgearbeitet. 1824 wurde er gegen den Willen *Davys* in die Royal Society aufgenommen.

Nach dem Tode seines Lehrers verwaltete *Faraday* zunächst das Laboratorium *Davys*; bald übernahm er auch die gesamte Vorlesungstätigkeit. Persönliche Schüler hatte *Faraday* ebensowenig wie *Davy*. Eng verbunden fühlte er sich mit seinem späteren Nachfolger *J. Tyndall*, wobei *Faradays* Arbeiten über die Darstellung von kolloidalen Gold ein Berührungs punkt waren.

Als Forscher ließ er sich nur von seinen eigenen Beobachtungen leiten und war stets bereit, sein Wissen weiterzugeben. Seine kleine Schrift „Naturgeschichte einer Kerze“ gehört zu den besten populärwissenschaftlichen Schriften der Weltliteratur. Er war stets ein bescheidener Mensch und lehnte die Würde eines Präsidenten der Royal Institution oder der Royal Society ab. Er machte niemals ein Hehl aus seiner Herkunft. Obwohl *Faraday* mit seinen Entdeckungen Voraussetzungen für die Elektrotechnik schuf, die dann den kapitalistischen Unternehmern in England und in der ganzen Welt Millionenprofite sicherte, blieb er unbemittelt. Als mit zunehmendem Alter sein Gedächtnis immer mehr nachließ und seiner wissenschaftlichen Arbeit ein Ende setzte, hätte er beinahe seine letzten Lebensjahre in Armut verbringen müssen. *Faraday* verstarb am 25. August 1867 in Hampton Court bei Richmond.

Die für die Chemie bedeutsamsten wissenschaftlichen Arbeiten *Faradays* lagen auf physikalisch-chemischem Gebiet und betrafen besonders die Verbindung elektrischer Erscheinungen mit chemischen.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts entwickelte sich die Elektrizitätslehre. *Faraday*, der sich schon in seiner Jugend für diese neue Wissenschaft interessierte, fand die Identität der „galvanischen“ und der „Reibungselektrizität“ und entdeckte 1831 die elektromagnetische Induktion. Diese ermöglichte später den Bau von Generatoren, Motoren, Transformatoren und anderen elektrischen Anlagen. Bei seinen Arbeiten über



den Magnetismus erkannte er, daß die magnetischen Eigenschaften nicht auf die Eisenmetalle beschränkt sind, sondern zu den allgemeinen Eigenschaften der Stoffe gehören. Er teilte diese daraufhin in die para- und diamagnetischen Stoffe ein und schuf damit die Grundlage der modernen Magnetochemie.

Faraday näherte sich bei seinen Arbeiten über die Elektrizität und den Magnetismus der Erkenntnis, daß die Kräfte der Natur eine Einheit bilden und sich ineinander umwandeln lassen. Er bewies die gegenseitige Umwandlung von Magnetismus und Elektrizität und klärte die Frage, ob die auf verschiedenen Wegen gewonnene Elektrizität identisch sei. *Friedrich Engels* hob in seinem Werk „Dialektik der Natur“ besonders hervor, daß *Faraday* zum ersten Male „die Elektrizität als kein Fluidum, sondern als eine Bewegungsform, ‚Kraft‘“ betrachtete [5; S. 308].

Mit seinen Arbeiten trug *Faraday* wesentlich zum Beweis bei, daß die Naturkräfte eine Einheit bilden. Sein Werk förderte die Herausbildung der materialistischen Weltanschauung und die Entwicklung der Naturwissenschaften.

Für die Chemie sind vor allem seine beiden im Jahre 1834 ausgesprochenen Gesetze der Elektrolyse von Bedeutung, das Gesetz der elektrolytischen Abscheidung und das der elektrolytischen Abscheidungsverhältnisse, die unter dem Namen *Faradayschen* Gesetze in die Literatur eingegangen sind. Er führte auch die meisten grundlegenden Begriffe der Elektrochemie ein, zum Beispiel Elektrolyse, Elektrolyt, Elektrode, Anode, Katode, Ionen, Anionen und Kationen. Die *Faradayschen* Gesetze drücken für die elektrolytischen Vorgänge den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen den elektrolytisch abgeschiedenen Bestandteilen einer wäßrigen Lösung und der dazu notwendigen Elektrizitätsmenge quantitativ aus. Damit wurde es möglich, bestimmte elektrochemische Vorgänge quantitativ vorauszusagen und äquivalente Massen chemischer Elemente und Verbindungen experimentell zu bestimmen. Ausgehend von der Äquivalentmasse eines Stoffes konnte man die Atommasse ermitteln. *Faraday* verband damit seine elektrischen Entdeckungen mit dem Atombegriff. Er schrieb den Atomen elektrische Kräfte zu, in denen er wesentliche Eigenschaften der Stoffe, zum Beispiel die chemische Affinität, begründet sah.

Eine seiner späteren Arbeiten, die er 1845 veröffentlichte, beschäftigte sich mit der

magnetischen Drehung der Ebene des polarisierten Lichtes in organischen Verbindungen. Diese Arbeit wurde von *William Henry Perkin* sen. weitergeführt. Bemerkenswert sind auch *Faradays* organisch-chemische und chemisch-technische Arbeiten. Er untersuchte die bei der Verkokung anfallenden Nebenprodukte und isolierte dabei aus dem Gas das Benzol, welches er „Gasöl“ nannte, und das Buten. Er analysierte diese Verbindungen und erkannte, daß die prozentuale Zusammensetzung des Butens der des Äthens entspricht. Bei seiner experimentellen Arbeit chlorierte er auch das Benzol und stellte durch Chlorierung von Dichloräthan Hexachloräthan her. *Faraday* beschäftigte sich außerdem mit der Herstellung von Stahllegierungen für rostfreie Messer. Er entwickelte ein Borsilikatglas für optische Linsen, die er später für seine magnet-optischen Untersuchungen verwendete. *Faradays* Arbeiten zeigen seine ausgezeichneten experimentellen Fähigkeiten, die zu den Voraussetzungen gehören, die ihn schließlich zu einem der bedeutendsten Experimentatoren des 19. Jahrhunderts werden ließen.

Systematisierung der Elemente

Jöns Jakob Berzelius

Die großen gesellschaftlichen Umwälzungen gegen Ende des 18. Jahrhunderts in Europa und Amerika wurden von einem beachtlichen Aufschwung der Produktivkräfte und neuen philosophischen und naturwissenschaftlichen Erkenntnissen eingeleitet. Die vermeintliche Kluft zwischen organischer und anorganischer Materie wurde geringer und damit die These, daß die Welt eine materielle Einheit bilde, vertieft. Zur Ausarbeitung und Festigung dieser Gedanken trugen die Arbeiten bedeutender Chemiker, Biologen und Physiker aus vielen Ländern bei. Ein Zentrum der wissenschaftlichen Arbeit zu dieser Zeit war Stockholm, wo *Jöns Jakob Berzelius* lehrte und in seinem Laboratorium zukünftige Chemiker aus vielen europäischen Ländern ausbildete. Schweden, das lange Zeit eine führende Rolle in Nordeuropa und unter den Ostseeländern gespielt hatte, war gegen Ende des 18. Jahrhunderts trotz seiner Besitzungen politisch unbedeutend geworden. Um so stärker war aber die wissenschaftliche Entwicklung in Schweden selbst. Wissenschaftler wie *Linné* und *Scheele* trugen dazu bei, den Ruf der schwedischen Akademie zu festigen. Im 19. Jahrhundert nahm Schwedens Wirtschaft, bedingt durch den starken Erzbedarf einiger Länder, einen raschen Aufschwung. Holz und Eisenerze waren die wichtigsten Ausfuhrprodukte. Landwirtschaft, Verkehr und das Finanzwesen wurden gefördert und neu aufgebaut, teilweise mit Hilfe ausländischen Kapitals.

Jöns Jakob Berzelius wurde am 20. August 1779 in Väfversunda in Ostgotland geboren. Sein Vater war Schuldirektor in Linköping. Die Eltern verstarben früh. Als er das Gymnasium besuchte, mußte er sich daher seinen Lebensunterhalt bereits selbst verdienen und erteilte deshalb Privatstunden. Durch weitere Nebenbeschäftigung erwarb er auch später die notwendigen Mittel für das medizinische Studium an der Universität in Uppsala (1797 bis 1802). 1802 wurde *Berzelius* unbesoldeter Adjunkt am Chirurgischen Institut in Stockholm. Dort lernte er den Bergwerksbesitzer *W. v. Hisinger* kennen, der selbst an naturwissenschaftlichen Fragen interessiert war und den jungen Wissenschaftler in jeder Hinsicht unterstützte. Gemeinsam mit *Hisinger* baute *Berzelius* seine ersten Geräte, darunter eine *Volta*sche Säule. Seit dem Jahre 1806 war *Berzelius* als Hochschullehrer für Chemie tätig. 1807 übernahm er die Professur für Chemie und Pharmazie an dem neuerrichteten karolini-

schen medico-chirurgischen Institut in Stockholm. Er wurde 1810 Präsident der schwedischen Akademie der Wissenschaften.

1806 veröffentlichte *Berzelius* den ersten Band seiner Tierchemie, den Vorläufer seines berühmten Lehrbuchs der Chemie, dessen erster Band 1808 erschien.

Berzelius unterhielt zeit seines Wirkens enge persönliche Verbindung mit seinen Kollegen in anderen Ländern und war auf diese Weise immer über den Stand der internationalen Forschung orientiert. In England traf er unter anderem mit *Davy* zusammen, und in Paris lernte er die Methoden *Dulongs* zur Bestimmung der Atommassen kennen. Bei einem Aufenthalt in Berlin empfahl er *Mitscherlich* als Nachfolger für den berühmten Chemiker *Klaproth*. Nach einem Studienaufenthalt in Stockholm wurde *Mitscherlich* dann auch 1822 Professor der Chemie in Berlin

↗ S.107].

Während eines Kuraufenthalts in Karlsbad und Marienbad im Jahre 1821 unternahm *Berzelius* mit *Goethe* eine geologische Exkursion auf den Kammerbühl bei Eger. *Goethe* lernte hier von *Berzelius* die Anfangsgründe der Lötrohrprobierkunde.

Berzelius bildete in seinem Stockholmer Laboratorium immer nur wenige auserwählte Schüler aus. Zu den bedeutendsten gehörten *C. G. Gmelin*, *Heinrich* und *Gustav Rose*, *E. Mitscherlich* und *F. Wöhler*. Er blieb mit allen seinen Schülern, die dann in ihren Heimatländern hervorragende Lehrer wurden, in regem Gedanken- und Erfahrungsaustausch, obwohl er mit vielen in wissenschaftlichen Fragen nicht mehr einer Meinung war. *Berzelius* starb am 7. August 1848. Die Entwicklung der Chemie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bestimmte er entscheidend. Er war der Lehrer einer ganzen Chemikergeneration.

Berzelius vertrat in vielen wissenschaftlichen Arbeiten einen dialektischen Standpunkt. Das zeigt sich besonders in seinen Beiträgen zur Struktur der Stoffe, die auf der *Daltonschen* Atomhypothese und auf den damals neuen Erkenntnissen über die Elektrizität beruhten. Seine Weltanschauung ist jedoch die der idealistischen Naturphilosophie des ausgehenden 18. Jahrhunderts, wie es sich zum Beispiel in seiner Einstellung zum Vitalismus zeigte, den er entschieden vertrat.

Besondere Verdienste erwarb sich *Berzelius* um die Verbreitung der *Daltonschen*



Atomhypothese und der Gesetze der konstanten und multiplen Proportionen, die er durch mehr als 2000 Analysen der Verbindungen von 43 Elementen stützte. Dabei verbesserte er alte Analysenmethoden, entwickelte neue und bereicherte die Experimentaltechnik um viele Geräte, zum Beispiel die Spritzflasche, zweckmäßige Bechergläser, den Spiritusbrenner und Papierfilter.

Zu den großen wissenschaftlichen Leistungen von *Berzelius* gehört die Aufstellung seiner Atommassentabelle. Eine entscheidende Hilfe bei der Ausarbeitung der Tabelle war das Volumengesetz von *Gay-Lussac*, dessen Bedeutung *Berzelius* sofort erkannte.

Er veröffentlichte die Atommassentabelle im Jahre 1814. Seinen Berechnungen legte er, im Gegensatz zu *Dalton*, nicht den Wasserstoff, sondern den Sauerstoff zugrunde, da schon damals viel mehr Sauerstoffverbindungen als Wasserstoffverbindungen bekannt waren. Für den Sauerstoff legte er die Atommasse 100 fest. *J. S. Stas* berechnete später die Atommassen auf der Basis Sauerstoff = 16. In den Jahren 1818 bis 1826 korrigierte *Berzelius* seine Atommassentabelle, wobei er *Mitscherlichs* Erkenntnisse über die Isomorphie und die *Dulong-Petitsche* Regel anwendete. Durch seine Untersuchungen konnte *Berzelius* die *Daltonschen* Atommassen präzisieren. Damit war eine Voraussetzung für die Systematisierung der Elemente auf der Grundlage der Atommassen gegeben. Durch seine sorgfältigen Untersuchungen baute er die Atomhypothese zu einer Grundlage für die Chemie aus.

Die experimentellen Arbeiten von *Franklin*, *Galvani*, *Volta* und anderen Naturforschern in der zweiten Hälfte des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts lenkten das Interesse der Naturwissenschaftler und Philosophen auf die elektrischen Erscheinungen. Auch für *Berzelius* waren diese Entdeckungen und die daraus abzuleitenden Schlußfolgerungen Anstoß für seine elektrochemische Theorie. Ausgehend von der elektrochemischen Theorie *Davys* sah *Berzelius* die Ursache zur Vereinigung der Elemente nach bestimmten Proportionen in der elektrischen, den Atomen eigenen Polarität. Die Elektrizitätslehre bot zum Beispiel eine einfache Erklärung für die Salzbildung, die als eine gegenseitige Neutralisation positiver und negativer Ladungen kleinster Teilchen aufgefaßt werden konnte. Aus dieser elektrochemischen Theo-

Name	Formel.	O = 100	H = 1
Unterschwefl. Säure	S	301,165	48,265
Schweflichte Säure	S	401,165	64,291
Unterschwefelsäure	S	902,330	144,609
Schwefelsäure	S	501,165	80,317
Phosphorsäure	P	892,310	143,003
Chlorsäure	Cl	942,650	151,071
Oxydirt. Chlorsäure	Cl	1042,650	167,097
Jodsäure	I	2037,562	326,543
Kohlensäure	C	276,437	44,302
Oxalsäure	C	452,875	72,578
Borsäure	B	871,966	139,743
Kieselsäure	Si	577,478	92,548
Selensäure	Se	694,582	111,315
Arseniksäure	As	1440,084	230,790

Formeln
für chemische Verbindungen in
der Schreibweise von Berzelius
(Sauerstoff
durch Punkte dargestellt)

rie resultierte *Berzelius'* Auffassung, daß alle chemischen Verbindungen aus negativen und positiven Teilchen bestehen. Sein dualistisches System ist ein Versuch, die chemische Verwandtschaft als Ausgleich elektrischer Polaritäten zu erklären, nachdem *Davy* zu der Annahme neigte, daß chemische Verwandtschafterscheinungen und elektrische Vorgänge ursächlich verbunden sind.

Die dualistische Auffassung hatte ihre Grenzen, wo es sich nicht um salzartige Verbindungen handelte, und hemmte deshalb die Anerkennung der *Avogadroschen Hypothese*. Mit dualistischen Vorstellungen konnte man nicht erklären, daß gasförmige Elemente mehratomig aufgebaut sind. Entscheidend gefördert wurde die Entwicklung der Chemie zu einer exakten Wissenschaft durch die von *Berzelius* entwickelte neue Formelsprache, welche die *Daltonsche* Symbolik ablöste, die sich noch an alchimistische Zeichen anlehnte. *Berzelius* benutzte die Anfangsbuchstaben der lateinischen Elementnamen als chemische Zeichen. Ausgehend von seiner elektro-chemischen Theorie prägte er zugleich Namen, in denen die positiven und negativen Bestandteile einer Verbindung kenntlich wurden, Kupfersulfat betrachtete er zum Beispiel als schwefelsaures Kupferoxid ($\text{CuO} \cdot \text{SO}_3$). *Berzelius* wollte in seiner chemischen Symbolik auch die chemischen Proportionen berücksichtigt wissen. Bereits 1815 erklärte er, daß seine Formeln dazu bestimmt seien, „den Ausdruck der chemischen Verbindungsverhältnisse zu erleichtern... um ohne Umschweife die verhältnismäßige Anzahl der sich verbindenden Masseteile in jedem zusammengesetzten Körper ausdrücken zu können. Bei Bestimmung des Gewichts der elementaren Masseteile werden diese Formeln... uns in den Stand setzen, das numerische Resultat einer Analyse so einfach und auf eine so leicht zu behaltende Art auszudrücken, als solches durch die algebraischen Formeln in der Mechanik geschieht“ [36; S. 240 ff.].

Seine chemische Zeichensprache, die es auf einfache und eindeutige Weise ermöglichte, chemische Tatsachen entsprechend dem Aufbau der Moleküle anschaulich darzustellen, förderte die internationale wissenschaftliche Verständigung der Chemiker. Bei analytischen Arbeiten entdeckte *Berzelius* mehrere Elemente. Gemeinsam mit *Hisinger* fand er 1807 bei Mineraluntersuchungen das Element Zer, das *Klaproth*

Humphry Davy, 1778 bis 1829,
hervorragender englischer Naturforscher,
Begründer der Elektrochemie,
stellte die Alkalimetalle aus den Oxiden
mittels Elektrolyse dar



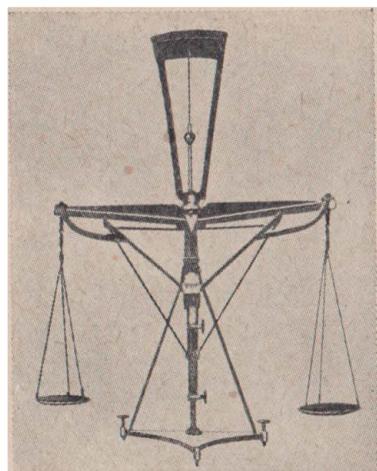
unabhängig von ihnen ebenfalls entdeckte. Aus dem Bleikammerschlamm der Schwefelsäurefabrik in Gripsholm isolierte *Berzelius* im Jahre 1817 das Selen, ein bis dahin unbekanntes Element. Er stellte dessen Ähnlichkeit mit dem Tellur fest. 1828 entdeckte er in einem norwegischen Mineral das Element Thorium. Zusammen mit seinem Schüler *N. G. Sefström* fand er 1830 das Element Vanadin. Weiterhin gelang es *Berzelius*, einige Elemente (Silizium, Zirkon, Titan, Tantal) darzustellen, deren Oxide bereits bekannt waren.

Auf dem Gebiet der organischen Analyse verbesserte er die Methoden zur quantitativen Bestimmung des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs.

Als einer der besten Kenner des Gesamtgebietes der Chemie seiner Zeit faßte er mehrere scheinbar zusammenhanglose Fakten unter gemeinsamen Gesichtspunkten und Begriffen zusammen. So ordnete er eine ihm geschenkte Gesteins- und Mineralsammlung nicht nach den Kristallsystemen von *R. J. Hauy*, sondern nach der chemischen Zusammensetzung.

Er untersuchte die Weinsäure und die Traubensäure und fand, daß sie „dieselbe prozentische und atomistische Zusammensetzung“ haben [37; S. 321]. Diese Erkenntnis verband er mit seinen früheren Arbeiten über die Zinnsäure, mit den Arbeiten *Liebigs* und *Wöhlers* über die Fulminate und Zyanate sowie mit den Arbeiten *Faradays* und *Wöhlers* über das Ammoniumzyanat und den Harnstoff (Kohlensäurediamid) und prägte für diese Erscheinung den Begriff der Isomerie. Auch den Begriff der Allotropie begründete er, indem er verschiedene elementare Zustände der Stoffe miteinander verglich.

Die Arbeit seines Schülers *E. Mitscherlich* über die Ätherbildung regte ihn an, *Doebe-reiners*, *Davys* und anderer Beobachtungen von Oxydationsvorgängen an Platin-drähten zu vergleichen und den Begriff der Katalyse einzuführen (1836). „Die katalytische Kraft scheint eigentlich darin zu bestehen, daß Körper durch ihre bloße Gegenwart und nicht durch ihre Verwandtschaft die bei dieser Temperatur schlummernden Verwandtschaften zu erwecken vermögen“ [38; S. 243/244]. *Berzelius* schloß in seine Untersuchungen die homogene und die heterogene Katalyse ein. Gegen den Widerstand so bedeutender Zeitgenossen wie *Liebig* und *Schönbein* konnte.



Analytische Waage von Berzelius
zur Wägung bis zu 5 mg

Berzelius seine Ansichten nicht durchsetzen. Obwohl *Schönbein* sich später selbst gründlich mit der Katalyse beschäftigte und hervorragende Arbeiten hierzu lieferte, waren es erst die Arbeiten von *Ostwald*, die ein halbes Jahrhundert nach *Berzelius*' Tod dem Begriff Katalyse einen festen Platz in der Chemie sicherten.

Berzelius veröffentlichte neben 250 Arbeiten sein großes mehrbändiges Lehrbuch, das in mehreren Auflagen, auch in deutscher und französischer Übersetzung, erschien. Seine Jahresberichte über die Fortschritte der Chemie waren wohl die ersten umfassenden Informationsquellen über die Entwicklung der Chemie und hatten einen großen Einfluß auf die Herausarbeitung einer von seinen theoretischen Ansichten getragenen Lehrmeinung.

Als Schöpfer neuer Begriffe, wie Isomerie und Polymerie, durch Verbesserung und Erweiterung der chemischen Nomenklatur und seiner umfangreichen literarischen Tätigkeit trug er trotz starren Festhaltens an seiner elektrochemischen dualistischen Auffassung wesentlich zur Entwicklung der modernen Chemie bei.

Johann Wolfgang Doebereiner

Johann Wolfgang Doebereiner, der für die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts die Entwicklung der Chemie an der Universität Jena bestimmte, wurde am 15. Dezember 1780 in der Nähe von Hof in Bayern geboren. Aus ärmlichen Verhältnissen stammend und ohne eine ordentliche Schulbildung genossen zu haben, wurde er durch zähen Fleiß einer der befähigsten Universitätslehrer und der Freund und chemische Berater seines großen Gönners *Goethe*.

Aufgewachsen in einer Zeit großer politischer und wissenschaftlicher Umwälzungen, erlebte er in seinen Jugend- und Wanderjahren die politische Enge der deutschen Kleinstaaten mit ihren ökonomischen Fesseln, aber auch das nach der Revolution von 1789 in Frankreich aufstrebende Bürgertum und die industrielle Revolution in England.

In Deutschland vollzog sich der Übergang vom Feudalismus zur gesellschaftlich höheren Stufe des Kapitalismus in einem langwierigen, komplizierten Prozeß. In seiner

Johann Wolfgang Doeberciner
1780 bis 1849

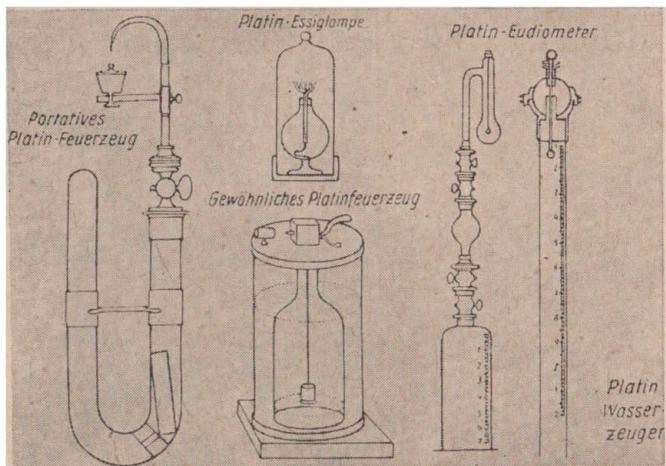


politischen und ökonomischen Entwicklung war Deutschland hinter England und Frankreich zurückgeblieben. Die Kleinstaaterei hemmte die Herausbildung eines einheitlichen Nationalstaates. Trotzdem breitete sich die kapitalistische Produktionsweise immer schneller aus. Eine wichtige Voraussetzung dafür war die Umwandlung der Produktionsverhältnisse in der Landwirtschaft, eingeleitet durch die Reformen des beginnenden 19. Jahrhunderts. Die Zahl der Manufakturen wuchs an, erste Fabriken entstanden und die Dampfmaschine wurde als Antriebskraft verwandt. Unter solchen Bedingungen wurde das Bedürfnis nach naturwissenschaftlichen und technischen Kenntnissen größer.

Die „deutschen Zustände“ waren für *Doeberciner* die armseligen Verhältnisse im Elternhaus, das notdürftige, vom Pfarrer vermittelte Wissen, die großen Schwierigkeiten, die er und seine Eltern auf sich nehmen mußten, um seine Ausbildung zum Apothekergehilfen zu ermöglichen.

In Straßburg, der Stadt im bürgerlichen Frankreich mit wirtschaftlich und politisch fortschrittlichen Verhältnissen, fand *Doeberciner* um 1800 eine Möglichkeit, sich naturwissenschaftliches, politisches und philosophisches Wissen anzueignen. Nach der Rückkehr aus Frankreich (1803) verhinderten Zunftschränken und Mittellosigkeit eine Konzession für eine Apotheke. Auch seine Versuche scheiterten, einen Betrieb für die Produktion und den Vertrieb chemischer Erzeugnisse zu gründen sowie eine Ausbildungsstätte für „technische Chemiker“ einzurichten. Seinen wissenschaftlichen Veröffentlichungen über Produktionserfahrungen und -verbesserungen sowie über zahlreiche Erfindungen, die bei Chemikern und „technischen Chemikern“ gute Aufnahme fanden, verdankte es *Doeberciner*, daß er im Jahre 1810 auf Anraten *Goethes* als Professor an die Jenaer Universität berufen wurde. Diese Anstellung war für ihn und seine kinderreiche Familie Rettung in höchster Not. Daraus erklärt sich auch, daß er trotz schlechter Bezahlung und unzureichender Arbeitsbedingungen bis zu seinem Tode 1849 in Jena blieb. Erst im sechsten Jahr seiner Anstellung als Professor für Chemie, Pharmazie und Technologie erhielt er endlich eine ordentliche Wohnung. Gleichzeitig mußte er sich um einen Garten bemühen, damit sich seine Familie durch eigene landwirtschaftliche Arbeit mit Nahrungsmitteln versorgen

Geräte Doeberiners
zur Nutzung
der katalytischen
Eigenschaften
des Platins



konnte. Ehrenvolle Berufungen an bedeutende Universitäten lehnte *Doebereiner* ab; er erhielt aber in diesem Zusammenhang meist finanzielle und materielle Zuwendungen oder hohe staatliche Auszeichnungen vom Großherzog von Sachsen-Weimar.

Goethe war Staatsminister dieses deutschen Kleinstaates. Er wollte, daß *Doebereiner* unbedingt in Jena blieb, denn „unter den mobilen Chemikern möchte wohl keiner seine Stelle ersetzen“. Seine Armut und die vielen Verpflichtungen, die der Verbesserung der materiellen Lage seiner Familie dienten, gestatteten ihm keine umfangreiche Korrespondenz und persönliche Beziehungen zu den führenden Chemikern und Physikern seiner Zeit. Unter diesen Bedingungen muß man die Fülle seiner bedeutenden Leistungen besonders hoch einschätzen.

Als Chemiker vertrat er materialistische, auf die Atomtheorie bauende Auffassungen. Die philosophische Grundlage seiner Arbeiten entnahm er der Erkenntnistheorie des englischen Philosophen *Francis Bacon*, den *Karl Marx* in seinen Frühschriften als den „wahren Stammvater des englischen Materialismus und aller modernen experimentierenden Wissenschaft“ bezeichnete.

Nachdem ein von *J. B. Richter* (1792) unternommener Versuch der Ordnung der Elemente gescheitert war, gelang es *Doebereiner* (1817 und 1829) einige gesetzmäßige Beziehungen zwischen den chemischen Elementen zu finden. In den ersten 30 Jahren des 19. Jahrhunderts wurden wesentlich mehr chemische Elemente entdeckt als im gesamten 18. Jahrhundert. Als *Doebereiner* die Professur in Jena annahm, waren bereits über 40 chemische Elemente bekannt, weitaus größer war die Anzahl der Verbindungen. Nachdem *Lavoisier* die Oxydationstheorie ausgearbeitet hatte, konnten die Stoffe nach qualitativen Merkmalen eingeteilt werden. Mit der Anerkennung der *Daltonschen* Atomhypothese bestand die Möglichkeit, auch quantitative Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Somit waren die Voraussetzungen gegeben, um nach den Zusammenhang zwischen den chemischen Elementen zu suchen. In seinem Streben, eine Systematik der chemischen Elemente aufzufinden, entsprach *Doebereiner* dieser aus dem Entwicklungsstand der Chemie entspringenden notwendigen Forderung.

Johann Salomon Christoph Schweigger, 1779 bis 1857,
Professor für Physik und Chemie in Halle,
· gab von 1811 bis 1833
das Journal für Physik und Chemie heraus



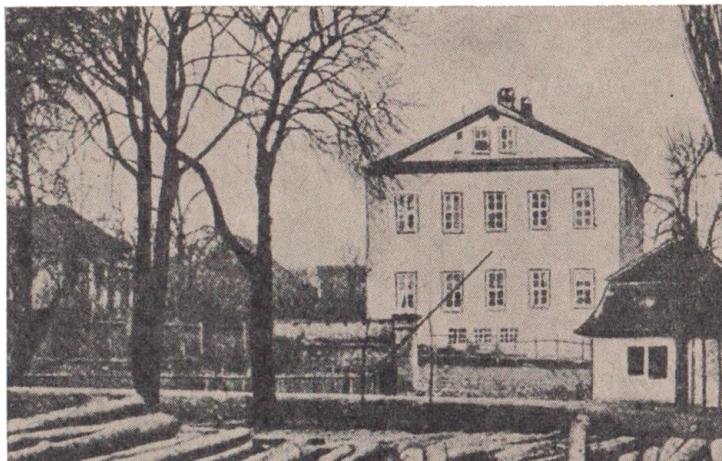
Doebereiner gruppierte die bekannten Elemente und gewisse Verbindungsklassen nach ihrer Analogie. Als allgemeines Ordnungsprinzip benutzte er die Dreiteilung und ordnete die Elemente in „Triaden“, in denen die Differenz der Atommassen zwischen jeweils zwei Elementen etwa gleich blieb. In *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* veröffentlichte er 1829 eine Arbeit unter dem Titel „Versuch einer Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie“ [39].

Bei seinen ersten Versuchen stützte er sich auf die Dichte und die Atommasse bei Erdalkalimetallen und stellte die Triade Kalzium, Strontium, Barium auf (1817). Später vermerkte er, daß die noch nicht bestimmte Atommasse des Broms das arithmetische Mittel der bekannten Atommassen des Chlors und des Jods sei. Diese Aussage bestätigte *Berzelius* im Jahre 1829. *Doebereiner* wurde dadurch ermuntert, das Prinzip auch auf andere Elemente (Schwefel, Selen, Tellur; Lithium, Natrium, Kalium) auszudehnen. Er legte seiner Klassifizierung nicht nur die Analogie der Zahlenbeziehungen, sondern zugleich analoge Eigenschaften und Merkmale zu grunde. Das wird zum Beispiel durch folgende Feststellungen deutlich: „Die Erdmetalle und die Erden selbst nach ihrer Ähnlichkeit zusammenzustellen, wollte mir noch nicht genügend gelingen“ [39; S. 6]. „Ich glaube daher, daß jene 6 isomorphen Oxyde anders (als in Triaden) gruppiert werden müssen“ [39; S. 7]. Er versuchte jedoch nicht die Lösung auf spekulativem Wege zu erreichen, sondern vermerkte in bezug auf die Atommassen, daß sie vielleicht durch das Experiment revidiert werden können.

Doebereiners Arbeiten zur Systematisierung der Elemente wurden zunächst wenig beachtet. *Leopold Gmelin* verbreitete *Doebereiners* Triadenlehre um das Jahr 1840 mit der 4. Auflage seines Handbuchs der Chemie, in dem er klarer als *Doebereiner* darauf hinwies, daß die Form des gesetzmäßigen Zusammenhangs zwischen den Elementen vielfältiger als die Triaden sein kann. Später zeigte *Pettenkofer*, daß die Triade kein allgemeines Ordnungsprinzip für die Elemente darstellt (1858). Er faßte zum Beispiel die Elemente Stickstoff, Phosphor, Arsen und Antimon zu einer Gruppe zusammen.

Doebereiners bleibendes Verdienst besteht darin, daß er als erster zahlenmäßige

Doebereiners
Wohnhaus und
Laboratorium
in Jena
im Jahre 1833



Beziehungen chemisch ähnlicher Elemente aufgefunden hat und Vorarbeiten zur Aufstellung des Periodensystems der chemischen Elemente durch *Mendelejew* und *L. Meyer* leistete.

Doebereiners chemische Arbeiten waren vielseitig. Davon zeugen über 100 Veröffentlichungen zu den vielfältigsten Problemen der Chemie, die vorwiegend in *Schweiggers* Journal erschienen, einem damals bekannten Publikationsorgan der Naturwissenschaft.

Doebereiner beschäftigte sich um 1820 eingehend mit Metallen und Metalloxiden. Er schrieb 1822 über das glühende Verbrennen des Alkohols durch verschiedene erhitzte Metalle und Metalloxide und berichtete über katalytische Eigenschaften, die vor allem bei Platin besonders ausgeprägt auftraten. Im Jahre 1823 stellte er auf katalytischem Wege Essigsäure her und schuf das nach ihm benannte Feuerzeug, bei dem Wasserstoff an Platinschwamm entzündet wird. In England, Frankreich und anderen Ländern wurde seine Erfindung nachgebaut, und Akademien und Zeitschriften beschäftigten sich ausführlich damit. *Berzelius* bezeichnete in seinem Jahresbericht 1823/25 die Arbeit *Doebereiners* als die in jeder Hinsicht wichtigste und brillanteste Entdeckung des vergangenen Jahres.

Doebereiner, der von 1803 bis 1810 in Färbereien, Brauereien und Brennereien tätig war und kurze Zeit sogar einen eigenen Betrieb zur Herstellung chemisch-pharmazeutischer Produkte leitete, leistete auch als technischer Chemiker Hervorragendes. Der Aufbau einer Stärkezuckerfabrik, Versuche, ausländische Farbstoffe durch inländische zu ersetzen, Beschäftigung mit den Verfahren zur Stahlherstellung, von anderen Chemikern unabhängige Untersuchungen zur Gasgewinnung, die Herstellung von optisch wertvollen Glassorten und besonders seine Beiträge für Gärungskemie weisen auf den Umfang seiner Hilfe für Gewerbe und Industrie hin.

Doebereiner hat sich auch Verdienste um die Aufklärung der Oxydation des Äthanols (Äthylalkohol) zu Äthansäure (Essigsäure) erworben. *Schützenbach*, der Erfinder des Schnellessigverfahrens, nannte *Doebereiner* den wahren Begründer der Essigindustrie. In seiner Verbundenheit zur Produktionspraxis zeigte sich sein Verantwortungsbewußtsein als Wissenschaftler gegenüber der Gesellschaft. Die Worte, man

Eilhard Mitscherlich
1794 bis 1863



dürfe nicht unterlassen, „die uns zu Gebote stehenden Kenntnisse, welche zur Erreichung irgend eines guten Zwecks dienen, zu gebrauchen und dem allgemeinen Besten zu widmen“ [40; S. 470/471], können als Maxime seines Handelns angesehen werden, die er seiner Tätigkeit als Hochschullehrer zugrunde legte. Seine Bemühungen um die Verbesserung der Ausbildung der Chemiker durch öffentliche chemisch-praktische Kolloquien (seit 1811), durch ein Laborpraktikum (seit 1820) und die Unterstützung des Studiums von Frauen und Kindern armer Leute zeigen das sehr deutlich.

Am 24. März 1849 starb in Jena der eigentliche Begründer der Edelmetallkatalyse, der heutigen „Grenzflächenkatalyse“, und Wegbereiter der Systematisierung der chemischen Elemente.

Eilhard Mitscherlich

In der historischen Entwicklung des 19. Jahrhunderts, die zur Überwindung der feudalen Produktionsverhältnisse führte, war der beachtliche Aufschwung der Naturwissenschaften und der Technik ein wesentlicher Faktor. Die endgültige Emanzipierung der Chemie als Wissenschaft und die wichtigen Entdeckungen in der Physik brachten ein neues Verhältnis der Menschen zu den Naturwissenschaften mit sich.

Während in England und Frankreich die Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik gefördert wurde, hemmten die fortschrittsfeindlichen Kräfte in Deutschland diesen Prozeß. Am schlimmsten sah es in Preußen aus. An einigen kleinen deutschen Universitäten waren, zum Beispiel durch *Stromeyer* in Göttingen, *Doebereiner* in Jena und vor allem *Liebig* in Gießen, Voraussetzungen für eine praktische Ausbildung von zukünftigen Chemikern geschaffen worden, in Preußen hingegen gab es außer der privaten Lehranstalt von *Trommsdorff* in Erfurt nichts dergleichen.

Humboldts Bemühungen, die 1810 gegründete Universität Berlin zu einem Anziehungspunkt für Studierende der Naturwissenschaften zu machen, scheiterten nicht nur an materiellen Schwierigkeiten, sondern auch an der Abneigung gegen die experimentellen Wissenschaften.



Johann Bartholmäus Trommsdorff, 1770 bis 1837,
begründete 1796 in Erfurt
die erste Ausbildungsstätte für Apotheker
nach modernen Gesichtspunkten

In Preußen waren auf Grund der vorhandenen Grundstoffe Kohle und Erz gewisse Voraussetzungen für eine Entwicklung der Produktion gegeben. Die Entdeckung von *Marggraf*, daß in der Rübe Zucker enthalten ist, und ihre technische Auswertung durch *Achard* boten Anlaß für den Aufbau einer leistungsfähigen Zuckerindustrie, die ohne Chemiker nicht auskommen konnte. Die Erz- und Kohlengruben in der preußischen Provinz Schlesien und der Rheinprovinz waren eine ausgezeichnete Grundlage für den Aufbau einer Schwerindustrie. Der von den reaktionären preußischen Junkern beherrschte Staat hemmte jedoch die kapitalistische Entwicklung. Deshalb wurde der Ausbildung von Naturwissenschaftlern und Technikern keine große Bedeutung beigemessen. Unter diesen engstirnigen Verhältnissen hatten die Chemiker an den preußischen höheren Ausbildungseinrichtungen keinen leichten Stand.

Zu den ersten Chemieprofessoren an der Berliner Universität gehört *Eilhard Mitscherlich*, der von 1822 bis 1863 dieses Amt innehatte.

Eilhard Mitscherlich wurde am 7. Januar 1794 als zweites Kind eines Pfarrers in der kleinen nordfriesischen Gemeinde Neuende geboren. Er wollte Orientalist werden. Nach Studien an der Universität Heidelberg (1811 bis 1813) und in Paris promovierte *Mitscherlich* in Göttingen im Jahre 1814 zum Dr. phil. Er plante, mit einer napoleonischen Gesandtschaft nach dem Orient zu reisen, aber der Sturz *Napoleons* machte dieses Vorhaben zunichte. *Mitscherlich* beschloß nun, in Göttingen Medizin und Naturwissenschaften zu studieren, um später als Schiffsarzt an einer solchen Reise teilzunehmen. Während seines Studiums beschäftigte er sich ein halbes Jahr intensiv mit Chemie, wobei *Stromeyer* sein Lehrer war. *Mitscherlich* erschienen die Entwicklungsmöglichkeiten als Chemiker aussichtsreicher als die eines Orientalisten. Bereits im Jahre 1818 bewarb er sich um eine Professur für Chemie an den Universitäten Halle und Berlin. Dort gab man ihm den Rat, zuerst eine chemische Abhandlung zu veröffentlichen, diese zur Diskussion zu stellen und sich dann zu bewerben.

In Berlin konnte er im Laboratorium von *Hermbstädt* arbeiten, der nach *Klaproths* Tod an der Universität Chemie lehrte. In dessen Laboratorium entdeckte er im Jahre 1819 die Isomorphie. Im gleichen Jahr lernte *Mitscherlich* in Berlin *Berzelius* ken-

Martin Heinrich Klaproth, 1743 bis 1817,
1. Ordinarius für Chemie an der Berliner Universität,
entdeckte 1789 in der Pechblende das Uran,
weiterhin Titan, Zirkon, Strontium und Tellur
in Form ihrer Erden



nen, der sich sofort stark für seine kristallchemischen Arbeiten interessierte und ihn als Nachfolger des 1817 verstorbenen *Klaproth* empfahl. Zunächst sollte er jedoch mit Unterstützung des preußischen Staates in Stockholm bei *Berzelius* seine Kenntnisse erweitern. Von dort kehrte er im Spätherbst 1821 nach Berlin zurück, wo er zu Beginn des Jahres 1822 außerordentlicher Professor für Chemie und 1825 ordentlicher Professor wurde. Da die Berliner Universität über keinerlei Unterrichts- und Arbeitsräume für naturwissenschaftliche Fächer verfügte, benutzte *Mitscherlich* das Laboratorium der Akademie in der Dorotheenstraße (heute Clara-Zetkin-Straße), in dem bereits *Pott*, *Marggraf* und sein Vorgänger *Klaproth* gewirkt hatten. Das Labor wurde von *Mitscherlich* nach dem Vorbild des Laboratoriums von *Berzelius* erweitert. Er richtete zusätzlich eine mechanische Werkstatt ein, in der Geräte und Apparate, oft nach eigenen Entwürfen, hergestellt wurden.

Mitscherlich hielt an der Universität chemische und physikalische Experimentalvorlesungen. Für besonders interessierte Studenten führte er sonntags im Akademielaboratorium experimentelle Übungen durch, zu denen er aber später wegen des großen Zuspruchs nur noch besonders bevorzugte Schüler zuließ. Zu diesen Schülern gehörten *Gustav Magnus*, der später in Berlin das erste physikalische Laboratorium in seinem Wohnhaus am Kupfergraben einrichtete, und *Adolph Frank*, der Begründer der Kali-Industrie. Um die Leistungen *Mitscherlichs* für die Entwicklung der Chemie an der Berliner Universität richtig einzuschätzen, muß man bedenken, daß während der Zeit seines Wirkens in Berlin die Naturwissenschaften in Preußen eine untergeordnete Rolle spielten und sogar der Verbreitung des Materialismus verdächtigt wurden.

In Bonn durch *Kastner* und in Berlin durch den *Schellingschüler Steffens* war eine exakte Unterweisung noch durch naturphilosophische Auswüchse unmöglich gemacht, so daß *Klaproths*, *Hermbstädt's* und *Mitscherlichs* Vorhaben, die junge Berliner Universität zu einem Anziehungspunkt für Studierende der Chemie zu machen, hoch einzuschätzen sind. Die herrschenden junkerlichen Kreise und auch das Königshaus selbst brachten dem kein Verständnis entgegen, da sie in ihrer Beschränktheit den großen ökonomischen Nutzen der Chemie nicht erkennen konnten und wollten. So

bekam *Mitscherlich* keine Mittel zum Bau eines eigenen Universitätslaboratoriums bereitgestellt. Vielleicht war das mit ein Grund dafür, daß in späteren Jahren in Berlin bei *Mitscherlich* das Interesse an der Chemie gegenüber dem an der Physik, Mineralogie und Geologie zurücktrat. In den letzten Monaten vor seinem Tode am 28. August 1863 hatte sein Sohn *Alexander Mitscherlich*, der sich inzwischen habilitiert hatte, für ihn die Vorlesungen übernommen.

Bei seinen experimentellen Arbeiten legte *Mitscherlich* größten Wert auf genaue Messungen, feine Wägungen und Dichtebestimmungen, wofür er die notwendigen Instrumente, so ein Goniometer, selbst entwarf und in seiner Werkstatt bauen ließ.

Die in den fünfundvierzig Jahren seiner wissenschaftlichen Tätigkeit bearbeiteten Themen lassen sich in mehrere Bereiche einteilen:

Physikalisch-chemische, vorwiegend kristallographische Arbeiten, Arbeiten aus der anorganischen, organischen und physiologischen Chemie und geologische Untersuchungen.

Die Arbeiten der ersten Gruppe förderten die Ausarbeitung einer Systematik der Elemente und die Atommassenbestimmungen.

Einen bleibenden Platz in der Geschichte der Chemie hat *Mitscherlichs* Entdeckung des Isomorphismus, die *Berzelius* als die wichtigste Entdeckung seit der Aufstellung der Lehre von den chemischen Proportionen bezeichnete. *Mitscherlich* untersuchte im Jahre 1819 Phosphate und Arsenate und entdeckte dabei, daß „chemisch verschiedene Stoffe in manchen Fällen gleichartige oder mindestens sehr ähnliche Kristallgestalt aufweisen können“. Auf Grund weiterer Untersuchungen kam er zu folgender allgemeinen Aussage: „Eine gleiche Anzahl Atome, wenn sie in gleicher Weise verbunden sind, bringen gleiche Kristallformen hervor, und die Kristallform beruht nicht nur auf der Natur der Atome, sondern auf deren Anzahl und Verbindungsweise“ [41].

Nach *Mitscherlichs* Gesetz bilden zwei Substanzen nur dann Mischkristalle untereinander, wenn sie analoge Zusammensetzung besitzen. Umgekehrt kann man aus dem Auftreten der Isomorphie folgern, daß miteinander kristallisierende Stoffe analoge Zusammensetzung aufweisen.



Da die Massen zweier sich gegenseitig in isomorphen Verbindungen ersetzenden Elemente infolge der analogen chemischen Zusammensetzung im Verhältnis der Atommassen der betreffenden Elemente stehen müssen, war hierdurch eine Methode gegeben, um zwischen verschiedenen, der Analyse nach möglichen Werten einer Atommasse zu entscheiden. Dank dieser und der von *Dulong* und *Petit* entdeckten Regel der Konstanz der Atomwärmen (1819) konnte *Berzelius* die Atommassen von Elementen in festen Verbindungen möglichst einwandfrei bestimmen und damit eine Voraussetzung für die Systematisierung der Elemente schaffen. Bis dahin blieb die Entscheidung über die wahre Größe der relativen Atommassen zunächst auf gasförmige Stoffe beschränkt (volumetrische Messungen *Gay-Lussacs*).

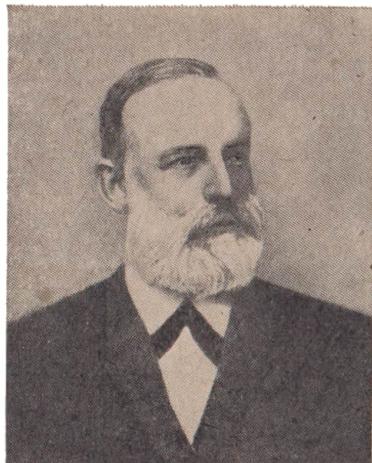
Außer der Isomorphie entdeckte *Mitscherlich* die Polymorphie und klärte die Konstitution der Manganate, der Permanganate und der Selensäure.

Von seinen Arbeiten aus dem Bereich der organischen Chemie sind besonders die Untersuchungen über die Ätherbildung aus Äthanol (1834) erwähnenswert.

Er entwickelte die Ätherbildung zu einem kontinuierlichen Verfahren und erkannte die besondere Rolle der Schwefelsäure als wasserspaltendes und die Ätherbildung förderndes Agens. Diese Feststellungen waren Anlaß, die Kontaktwirkungen näher zu untersuchen. Seine Arbeiten fanden den Beifall von *Berzelius*, der für solche Kontaktreaktionen im Jahre 1836 den Begriff „Katalyse“ einführte.

Mitscherlich gewann durch trockene Destillation von Kalziumbenzoat Benzol. Er wies dessen Identität mit dem von *Faraday* gewonnenen Benzol nach. Ferner stellte er Nitrobenzol und andere Benzolderivate dar, wobei er Grundlagen für die Farbstoffindustrie schuf.

Arbeiten auf dem Gebiet der physikalischen Chemie über die Kohlenhydrate, die Stärke und den Gärungsprozeß waren von Bedeutung für die Zuckerforschung und die Zuckerindustrie. So klärte *Mitscherlich* die Rohrzuckerspaltung in Trauben- und Fruchtzucker, die Inversion. Durch die Konstruktion eines brauchbaren Polarisationsapparates und seine Untersuchungen mit der von *H. v. Fehling* angegebenen Kupfer-Seignettesalzlösung (Fehlingsche Lösung) schuf er der Zuckerindustrie wichtige Hilfsmittel. Sein Assistent *August Trommer* arbeitete auf Veranlassung *Mitscher-*



lichs ein noch heute als „Trommersche Probe“ bekanntes Verfahren zur Auffindung und Unterscheidung von Kohlenhydraten aus.

Als Mitglied der wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen hat *Mitscherlich* auch für die Hygiene und die Kriminalistik Gutachten und Verfahren ausgearbeitet, so eine Verbesserung der *Marshschen* Probe auf Arsen und einen Nachweis geringer Phosphormengen, die *Mitscherlichsche* Phosphorprobe. *Mitscherlich* galt als ein hervorragender Lehrer. Sein Lehrbuch nannte *Liebig* „die Krone von allen, die mir je vorgekommen sind“ [42; S. 283].

Mitscherlich hat durch seine Arbeiten und durch seine Lehrtätigkeit in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts dazu beigetragen, den Grundstein für eine schnelle Entwicklung der Chemie zu legen, deren erste Anfänge er noch erlebte.

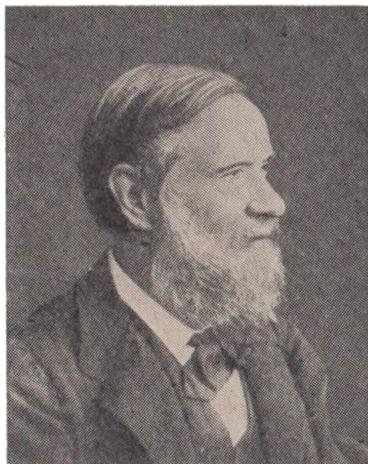
Seine chemisch-kristallographischen Arbeiten, seine Anwendung physikalischer Methoden auf chemische Untersuchungen machen ihn zu einem der ersten Physiko-chemiker, ohne daß er jedoch maßgeblich auf die Entwicklung dieses Spezialgebietes einwirken konnte, wie es seine Zeitgenossen *Bunsen* und *Kopp* getan haben.

Lothar Meyer

Die Versuche zur Systematisierung der zahlreichen bekannten Elemente und Verbindungen, die im wesentlichen mit den Arbeiten *Doebereiners* begannen, setzten mehrere Chemiker, besonders in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, fort. *Chancourtois* stellte im Jahre 1863 die Elemente nach steigender Atommasse zusammen und ordnete sie schraubenförmig um einen Zylinder. Im Jahre 1865 veröffentlichte *Odling* eine Tabelle der chemischen Elemente, die ebenfalls auf der steigenden Atommasse beruhte. Im gleichen Jahr suchte *Newlands* die Beziehungen der Elemente im sogenannten Gesetz der Oktaven zu begründen und arbeitete eine entsprechende Tabelle der Elemente aus. Den entscheidenden Fortschritt brachten 1869/70 die Arbeiten *D. I. Mendelejews* und *Lothar Meyers*. Beide veröffentlichten unabhängig voneinander Tafeln der chemischen Elemente. Damit wurde das Problem, die Elemente zu systematisieren, gelöst.

Lothar Meyer wirkte in der Zeit, in der die bürgerliche Entwicklung Deutschlands rasche Fortschritte machte. Nach der Revolution von 1848/49 wandte das Bürgertum seine Energien mehr der Ökonomie als der Politik zu, die es dem Adel und den Beamten überließ. Es begann die Zeit rascher Fortschritte in der Produktion. Die Naturwissenschaften gewannen unter diesen Bedingungen größere Bedeutung. Das Bürgertum kam dadurch in eine zwiespältige Stellung. Es nahm die wirtschaftlichen Positionen ein und sein Reichtum wuchs zusehends, hatte aber seinen Bedürfnissen entsprechend nur einen unzureichenden Einfluß auf den Staat. Diese zwiespältige Stellung des Bürgertums spiegelte sich in seiner Ideologie wider. Hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, die mehr oder minder unmittelbar der Produktion dienten, findet man große Fortschritte, die in ihrer theoretischen Verallgemeinerung Bausteine für eine materialistische Weltanschauung sind. Da aber das Bürgertum seinen Frieden mit dem Adel und dem Königtum geschlossen hatte, zog es diese weltanschaulichen Konsequenzen nicht, sondern entwickelte Ideen, die im direkten Gegensatz zu den Naturwissenschaften standen. Dogmatische Naturphilosophie, Eklektizismus auf allen Gebieten, gepaart mit einer Überbetonung der Empirie, waren die hervorstechendsten Merkmale dieser Zeit. In dieser bürgerlichen Gesellschaft wuchs *Lothar Meyer* auf.

Geboren am 19. August 1830 in Varel (Oldenburg) als Sohn eines Arztes, beendete er die Schule aus gesundheitlichen Gründen erst mit 21 Jahren. Das Studium begann er daher relativ spät. Nach dem Vorbild seines Vaters studierte er Medizin. Seinem Hang zur Chemie und seiner Ausbildung als Mediziner entsprechend wählte er sich als Arbeitsgebiet die Physiologie. In *Bunsens* Heidelberger Laboratorium experimentierte er über den Gasaustausch im menschlichen Organismus. Seine Erkenntnisse legte er in den Schriften „Die Gase des Blutes“ und „Über die Einwirkung des Kohlenoxydases auf Blut“ dar. *Meyer* führte darin aus, daß sich der Sauerstoff bei der Atmung mit dem Blutfarbstoff verbindet, das Kohlenmonoxid eine größere Affinität zu diesem hat und die Bindung des Sauerstoffs verhindert. In Heidelberg lernte er auch *Kekulé*, *Landolt* und *Beilstein* kennen. Daraus resultierte die Tatsache, daß er sich endgültig für das Studium der Chemie entschied.



Stanislao Cannizzaro, 1826 bis 1910,
italienischer Chemiker,
trug mit seinen Auffassungen
zur Systematisierung
der organischen Verbindungen bei

Im Jahre 1859 habilitierte er sich mit der historisch-kritischen Abhandlung „Die chemische Lehre von Berthollet und Berzelius“.

Ab 1860 widmete er sich vorzugsweise dem Teil der Chemie, der sich später zur physikalischen Chemie entwickelte. Er darf mit Recht als einer ihrer Wegbereiter bezeichnet werden.

Im Jahre 1860 nahm *Lothar Meyer*, wie auch *D. I. Mendelejew*, an dem Chemikerkongreß in Karlsruhe teil, der sich besonders mit Strukturfragen befaßte. Der profilierteste Redner und Wortführer der Wissenschaftler, die hervorragend die Prinzipien der atomistisch-molekularen Lehre verteidigten, war der italienische Chemiker *Cannizzaro*. Er erklärte den Unterschied zwischen Atommasse und Äquivalentmasse, zwischen Atom und Molekül und interpretierte beharrlich *Avogadros* Hypothese, daß gleiche Raumteile idealer Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur die gleiche Anzahl von Molekülen enthalten. Obgleich dieser Satz bereits im Jahre 1811 formuliert wurde, verhielt man sich noch 1860 gegenüber dieser Entdeckung skeptisch. Im Gegensatz zu den von *Boyle*, *Dalton* und *Gay-Lussac* entdeckten Gesetzmäßigkeiten, die unmittelbare Erfahrungswerte widerspiegeln, vermochte *Avogadros* These die Volumenbeziehungen bei Gasreaktionen nur dann eindeutig wiederzugeben, wenn die richtigen Formeln verwendet und die Inkonsistenz der Bezeichnungsweise *Avogadros* überwunden wurde. *Cannizzaro* erklärte die Zusammenhänge, stieß aber auf äußerste Reserviertheit. Als er sich auf verlorenem Posten fühlte, verteilte er einen Abriß über *Avogadros* These in italienischer Sprache. *Lothar Meyer* schrieb darüber: „Auch ich erhielt ein Exemplar... Ich las es wiederholt auch zu Hause und war erstaunt über die Klarheit, die das Schriftchen über die wichtigsten Streitpunkte verbreitete. Es fiel mir wie Schuppen von den Augen“ [31; S. 224].

Meyer widmete sich von dieser Zeit an besonders den Strukturfragen. Mit der 1864 geschriebenen Arbeit „Die modernen Theorien der Chemie“, die eine Aufstellung der verschiedenen Elemente nach ihren Valenzen enthält, trug er zur Systematisierung der chemischen Elemente wesentlich bei.

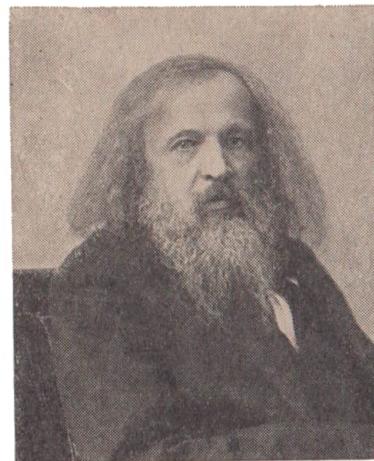
Im Jahre 1870 – nachdem *Mendelejew* seine Arbeit „Über die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente“ veröffentlicht hatte – erschien

Tabellarische
Zusammenstellung
der relativen Atommassen
bekannter Elemente
von Lothar Meyer (1864)

4 val.	3 val.	2 val.	1 val.	1 val.	2 val.
....	....	....	....	Li 7.03	(Be 9.3)
Diff.	....	....	....	16.02	(14.7)
C 12.0	N 14.4	O 16.00	F 19.0	Na 23.5	Mg 24.0
Diff.	16.5	16.96	16.07	16.46	16.08
Si 28.5	P 31.0	S 32.0	Cl 35.46	K 39.13	Ca 40.0
Diff. $\frac{1}{2} 44.45$	44.0	46.7	44.51	46.3	47.0
....	As 75.0	Se 78.8	Br 79.97	Rb 85.4	Sr 87.0
Diff. $\frac{1}{2} 44.55$	45.6	49.5	46.8	47.6	49.0
Sn 117.6	Sb 120.6	Te 128.3	I 126.8	Cs 133.0	
Diff. $\frac{1}{2} 44.7$	43.7	....	....	35.5	
Pb 207.0	Bi 208.0	....	....	(Tl 204.0?)	Ba 137.1
4 val.	4 val.	4 val.	2 val.	1 val.	
{ Mn 55.1	Ni 58.7	Co 58.7	Zn 65.0	Cu 63.5	
{ Fe 56.0					
Diff. $\begin{cases} 49.2 \\ 48.3 \end{cases}$	45.6	47.3	46.9	44.4	
Ru 104.3	Rh 104.3	Pd 106.0	Cd 111.9	Ag 107.94	
Diff. $\frac{1}{2} 46.0$	$\frac{1}{2} 46.4$	$\frac{1}{2} 46.5$	$\frac{1}{2} 44.5$	$\frac{1}{2} 44.4$	
Pt 197.1	Ir 197.1	Os 199.0	Hg 200.2	Au 196.7	

in den „Annalen der Chemie und Pharmazie“ die Abhandlung *Meyers „Die Natur der chemischen Elemente als Funktion ihrer Atomgewichte“*. Grundlage für seine Systematik der Elemente war die von ihm entdeckte Beziehung zwischen den Atommassen und Atomvolumina, die er in seiner Kurve der Atomvolumina darstellte. Danach ist das Atomvolumen eine periodische Funktion der Atommasse. *Meyer* führte dazu in der obengenannten Schrift aus: „Durch richtige Ermittlung verschiedener Atomgewichte (aus der Gasdichte ihrer Verbindungen oder aus ihrer Wärmekapazität) ist es möglich geworden, sämtliche bis jetzt hinreichend bekannten Elemente demselben Schema einzuordnen.“ Allein dieser Ausschnitt beweist schon, daß *Mendelejew* und *Meyers* Erkenntnisse im Grunde gleich sind. *Meyers* Formulierungen sind allerdings bedeutend vorsichtiger. Sie lassen der mechanistischen Auffassung – alle Veränderungen erklären sich aus Ortsveränderungen und die Materie bestehe aus identischen kleinsten Teilchen – viel Spielraum. Darauf wies bereits *Friedrich Engels* in der „Dialektik der Natur“ hin [5; S. 269]. *Meyer* ordnete nur hinreichend bekannte Elemente in seine Kurve ein und benutzte seine Erkenntnisse nicht zur Korrektur noch unzureichend bestimmter Atommassen oder zur Voraussage noch unbekannter Elemente. Zusammen mit *Karl Saubert* führte er 1883 eine Neuberechnung sämtlicher Atommassen durch, nachdem durch *Victor Meyers* vereinfachte Methode der Dampfdichtebestimmung die Ermittlung der Molekülmassen leichter geworden war. Er benutzte diese Ergebnisse nur zur Systematisierung. Wie viele deutsche Naturforscher konnte er nicht die Schranken des mechanischen Materialismus überwinden. Deshalb blieben ihm grundlegende Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten verschlossen. *Mendelejew* dagegen leitete aus seinen Feststellungen grundlegende Schlüsse und Prognosen ab.

Lothar Meyer, der von 1866 bis 1868 auch an der Forstakademie Eberswalde lehrte, wirkte dann von 1876 als Professor der Chemie in Tübingen. Er war kein Mensch, der isoliert nur der reinen Wissenschaft lebte. Er brachte allen wesentlichen Zeitfragen ein reges Interesse entgegen, den politischen ebenso wie den wissenschaftlichen. Davon zeugen zahlreiche Vorträge, in denen er sich mit Problemen der schulischen Ausbildung ebenso wie mit den Fragen der deutschen Einheit befaßte.



Dimitri Iwanowitsch Mendelejew
1834 bis 1907

Lothar Meyer würdigte die von *Schorlemmer* endgültig bewiesene Gleichheit der vier Valenzen des Kohlenstoffatoms und entwarf noch vor *Kekulé* die erste zentrische Konstitutionsformel des Benzols mit sechs gegen die Ringmitte gerichteten ungesättigten Valenzen der Ringkohlenstoffatome, die sich aber später gegen *Kekulés* Benzolring nicht durchsetzte.

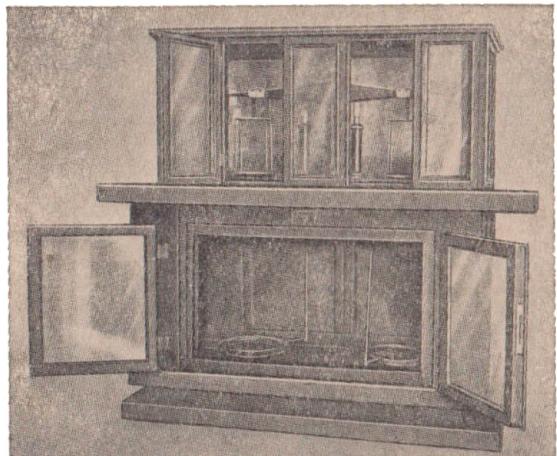
Meyer legte den Grundstein für einige grundsätzliche Neuerungen auf dem Gebiet der organischen Synthese, besonders der Chlorierung. In die experimentelle anorganische Chemie führte er Jodwasserstoff und roten Phosphor als Reduktionsmittel ein. Als sich *Friedrich Engels* mit der „Wechselwirkung von Chemismus und Elektrizität“ beschäftigte, wies er nachdrücklich auf *Lothar Meyers* Vorstellungen über eine bevorstehende Wiederaufnahme der elektrochemischen Theorie in verjüngter Form hin [5; S. 177].

Im Jahre 1887 gehörte *Meyer* neben *Ramsay* und *Mendelejew* zu den Mitbegründern der Zeitschrift für physikalische Chemie. *Lothar Meyer* starb am 12. April 1895 in Tübingen. Er gehörte zu den bedeutendsten deutschen Chemikern des 19. Jahrhunderts.

Dmitri Iwanowitsch Mendelejew

Das Rußland zur Zeit *Mendelejews* war gegenüber anderen europäischen Ländern, zum Beispiel England, Frankreich und Deutschland, industriell zurückgeblieben, aber es besaß in der Intelligenz progressive, volksverbundene und kühne Menschen, deren Vorstellungen über den Kampf gegen die reaktionären Verhältnisse im 19. Jahrhundert in den Werken von *Herzen*, *Dobroljubow*, *Tschernyschewski* und anderen revolutionären Demokraten niedergelegt waren. Dem am 27. Januar 1834 in Tobolsk (Sibirien) geborenen *Dmitri Iwanowitsch Mendelejew* war es vergönnt, zeitig mit diesen Ideen und ihren Vertretern bekannt zu werden. Sein Elternhaus war geistiges Zentrum der Stadt. Hohe weltliche Autoritäten und verbannte Dekabristen waren gleichermaßen Gäste seines Vaters, des Schuldirektors von Tobolsk. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich bereits in dieser Zeit die wesentlichen

Von Mendelejew konstruierter
Waagenschrank



Charakterzüge herausbildeten, die man an dem russischen Gelehrten so schätzen muß, sein unbestechliches wissenschaftliches Denken, das Vertrauen zu dem eigenen Experiment und die Kühnheit in den Folgerungen, selbst dann, wenn sie im Gegensatz zu allen überkommenen Vorstellungen standen.

Obgleich *Mendelejew* zeitig das Lesen und Schreiben beherrschte und ungewöhnlich mathematisch begabt war, fiel ihm der Übergang ins Tobolsker Gymnasium schwer. Einschließlich des Abiturs zeigte er nur schlechte, häufig nur durch Nachhilfe erzielte Leistungen, besonders in Griechisch und Latein.

Als angesehener Gelehrter erinnerte sich *Mendelejew* mit Unbehagen an seine Schulzeit. Von ihm sind viele kritische Äußerungen zum russischen Schulsystem bekannt. *Mendelejew* sah die Hauptaufgabe der Schule in der persönlichen Entwicklung der Schüler, in der Entfaltung ihrer bewußten Beziehung zur Umgebung und in der Ausbildung ihrer persönlichen Beobachtungsgabe, Aufmerksamkeit, Urteilskraft und Arbeitsfähigkeit. Diesen Vorstellungen entsprach jedoch das Gymnasium, das er besuchte, nicht. Ein ausgeprägter Charakter wie *Mendelejew*, ein Mensch, der sich nicht in die Schablone einer „Paukschule“ pressen ließ, lernte an einer solchen „Bildungsstätte“ nur widerwillig.

Mit 16 Jahren beendete er die Schule, und seine Mutter unternahm alles, damit er studieren konnte. Seit dem Tod des Vaters leitete die Mutter mit großer Umsicht in Tobolsk eine kleine Glasfabrik, und so kam *Mendelejew* schon in jungen Jahren mit der Technik in Berührung. Es ist anzunehmen, daß damals bereits sein Interesse an technologischen Problemen geweckt wurde. Trotz ihrer Liebe zu Sibirien gab die Mutter ihre sichere Existenz für ihren Sohn auf und reiste über mehrere Tausende Kilometer nach Moskau.

In Moskau konnte *Mendelejew* aus formellen Gründen nicht immatrikuliert werden. Auf Grund von Studentenunruhen hatte der Senat Neuimmatrikulationen zugereister Studenten verboten, um der „Meuterei“ keinen Vorschub zu leisten. Fast mittellos reisten die *Mendelejews* nach Petersburg weiter, wo nach zahllosen Schwierigkeiten ein Studium der Medizin und ein Stipendium genehmigt wurden.

Da *Mendelejew* bei einer Obduktion in Ohnmacht fiel, wechselte er von der Medizin

$Z = 55$	$E = 56,3$
$Z = 56$	$E = 57,9$
$Z = 57$	$E = 59,2$
$Z = 58$	$E = 60,5$
$Z = 59$	$E = 61,8$
$Z = 60$	$E = 63,1$
$Z = 61$	$E = 64,4$
$Z = 62$	$E = 65,7$
$Z = 63$	$E = 67,0$
$Z = 64$	$E = 68,3$
$Z = 65$	$E = 69,6$
$Z = 66$	$E = 70,9$
$Z = 67$	$E = 72,2$
$Z = 68$	$E = 73,5$
$Z = 69$	$E = 74,8$
$Z = 70$	$E = 76,1$
$Z = 71$	$E = 77,4$
$Z = 72$	$E = 78,7$
$Z = 73$	$E = 80,0$
$Z = 74$	$E = 81,3$
$Z = 75$	$E = 82,6$
$Z = 76$	$E = 83,9$
$Z = 77$	$E = 85,2$
$Z = 78$	$E = 86,5$
$Z = 79$	$E = 87,8$
$Z = 80$	$E = 89,1$
$Z = 81$	$E = 90,4$
$Z = 82$	$E = 91,7$
$Z = 83$	$E = 93,0$
$Z = 84$	$E = 94,3$
$Z = 85$	$E = 95,6$
$Z = 86$	$E = 96,9$
$Z = 87$	$E = 98,2$
$Z = 88$	$E = 99,5$
$Z = 89$	$E = 100,8$
$Z = 90$	$E = 102,1$
$Z = 91$	$E = 103,4$
$Z = 92$	$E = 104,7$
$Z = 93$	$E = 106,0$
$Z = 94$	$E = 107,3$
$Z = 95$	$E = 108,6$
$Z = 96$	$E = 109,9$
$Z = 97$	$E = 111,2$
$Z = 98$	$E = 112,5$
$Z = 99$	$E = 113,8$
$Z = 100$	$E = 115,1$
$Z = 101$	$E = 116,4$
$Z = 102$	$E = 117,7$
$Z = 103$	$E = 119,0$
$Z = 104$	$E = 120,3$
$Z = 105$	$E = 121,6$
$Z = 106$	$E = 122,9$
$Z = 107$	$E = 124,2$
$Z = 108$	$E = 125,5$
$Z = 109$	$E = 126,8$
$Z = 110$	$E = 128,1$
$Z = 111$	$E = 129,4$
$Z = 112$	$E = 130,7$
$Z = 113$	$E = 132,0$
$Z = 114$	$E = 133,3$
$Z = 115$	$E = 134,6$
$Z = 116$	$E = 135,9$
$Z = 117$	$E = 137,2$
$Z = 118$	$E = 138,5$
$Z = 119$	$E = 139,8$
$Z = 120$	$E = 141,1$
$Z = 121$	$E = 142,4$
$Z = 122$	$E = 143,7$
$Z = 123$	$E = 145,0$
$Z = 124$	$E = 146,3$
$Z = 125$	$E = 147,6$
$Z = 126$	$E = 148,9$
$Z = 127$	$E = 150,2$
$Z = 128$	$E = 151,5$
$Z = 129$	$E = 152,8$
$Z = 130$	$E = 154,1$
$Z = 131$	$E = 155,4$
$Z = 132$	$E = 156,7$
$Z = 133$	$E = 158,0$
$Z = 134$	$E = 159,3$
$Z = 135$	$E = 160,6$
$Z = 136$	$E = 161,9$
$Z = 137$	$E = 163,2$
$Z = 138$	$E = 164,5$
$Z = 139$	$E = 165,8$
$Z = 140$	$E = 167,1$
$Z = 141$	$E = 168,4$
$Z = 142$	$E = 169,7$
$Z = 143$	$E = 171,0$
$Z = 144$	$E = 172,3$
$Z = 145$	$E = 173,6$
$Z = 146$	$E = 174,9$
$Z = 147$	$E = 176,2$
$Z = 148$	$E = 177,5$
$Z = 149$	$E = 178,8$
$Z = 150$	$E = 180,1$
$Z = 151$	$E = 181,4$
$Z = 152$	$E = 182,7$
$Z = 153$	$E = 184,0$
$Z = 154$	$E = 185,3$
$Z = 155$	$E = 186,6$
$Z = 156$	$E = 187,9$
$Z = 157$	$E = 189,2$
$Z = 158$	$E = 190,5$
$Z = 159$	$E = 191,8$
$Z = 160$	$E = 193,1$
$Z = 161$	$E = 194,4$
$Z = 162$	$E = 195,7$
$Z = 163$	$E = 197,0$
$Z = 164$	$E = 198,3$
$Z = 165$	$E = 199,6$
$Z = 166$	$E = 200,9$
$Z = 167$	$E = 202,2$
$Z = 168$	$E = 203,5$
$Z = 169$	$E = 204,8$
$Z = 170$	$E = 206,1$
$Z = 171$	$E = 207,4$
$Z = 172$	$E = 208,7$
$Z = 173$	$E = 210,0$
$Z = 174$	$E = 211,3$
$Z = 175$	$E = 212,6$
$Z = 176$	$E = 213,9$
$Z = 177$	$E = 215,2$
$Z = 178$	$E = 216,5$
$Z = 179$	$E = 217,8$
$Z = 180$	$E = 219,1$
$Z = 181$	$E = 220,4$
$Z = 182$	$E = 221,7$
$Z = 183$	$E = 223,0$
$Z = 184$	$E = 224,3$
$Z = 185$	$E = 225,6$
$Z = 186$	$E = 226,9$
$Z = 187$	$E = 228,2$
$Z = 188$	$E = 229,5$
$Z = 189$	$E = 230,8$
$Z = 190$	$E = 232,1$
$Z = 191$	$E = 233,4$
$Z = 192$	$E = 234,7$
$Z = 193$	$E = 236,0$
$Z = 194$	$E = 237,3$
$Z = 195$	$E = 238,6$
$Z = 196$	$E = 239,9$
$Z = 197$	$E = 241,2$
$Z = 198$	$E = 242,5$
$Z = 199$	$E = 243,8$
$Z = 200$	$E = 245,1$
$Z = 201$	$E = 246,4$
$Z = 202$	$E = 247,7$
$Z = 203$	$E = 249,0$
$Z = 204$	$E = 250,3$
$Z = 205$	$E = 251,6$
$Z = 206$	$E = 252,9$
$Z = 207$	$E = 254,2$
$Z = 208$	$E = 255,5$
$Z = 209$	$E = 256,8$
$Z = 210$	$E = 258,1$
$Z = 211$	$E = 259,4$
$Z = 212$	$E = 260,7$
$Z = 213$	$E = 262,0$
$Z = 214$	$E = 263,3$
$Z = 215$	$E = 264,6$
$Z = 216$	$E = 265,9$
$Z = 217$	$E = 267,2$
$Z = 218$	$E = 268,5$
$Z = 219$	$E = 269,8$
$Z = 220$	$E = 271,1$
$Z = 221$	$E = 272,4$
$Z = 222$	$E = 273,7$
$Z = 223$	$E = 275,0$
$Z = 224$	$E = 276,3$
$Z = 225$	$E = 277,6$
$Z = 226$	$E = 278,9$
$Z = 227$	$E = 280,2$
$Z = 228$	$E = 281,5$
$Z = 229$	$E = 282,8$
$Z = 230$	$E = 284,1$
$Z = 231$	$E = 285,4$
$Z = 232$	$E = 286,7$
$Z = 233$	$E = 288,0$
$Z = 234$	$E = 289,3$
$Z = 235$	$E = 290,6$
$Z = 236$	$E = 291,9$
$Z = 237$	$E = 293,2$
$Z = 238$	$E = 294,5$
$Z = 239$	$E = 295,8$
$Z = 240$	$E = 297,1$
$Z = 241$	$E = 298,4$
$Z = 242$	$E = 299,7$
$Z = 243$	$E = 301,0$
$Z = 244$	$E = 302,3$
$Z = 245$	$E = 303,6$
$Z = 246$	$E = 304,9$
$Z = 247$	$E = 306,2$
$Z = 248$	$E = 307,5$
$Z = 249$	$E = 308,8$
$Z = 250$	$E = 310,1$
$Z = 251$	$E = 311,4$
$Z = 252$	$E = 312,7$
$Z = 253$	$E = 314,0$
$Z = 254$	$E = 315,3$
$Z = 255$	$E = 316,6$
$Z = 256$	$E = 317,9$
$Z = 257$	$E = 319,2$
$Z = 258$	$E = 320,5$
$Z = 259$	$E = 321,8$
$Z = 260$	$E = 323,1$
$Z = 261$	$E = 324,4$
$Z = 262$	$E = 325,7$
$Z = 263$	$E = 327,0$
$Z = 264$	$E = 328,3$
$Z = 265$	$E = 329,6$
$Z = 266$	$E = 330,9$
$Z = 267$	$E = 332,2$
$Z = 268$	$E = 333,5$
$Z = 269$	$E = 334,8$
$Z = 270$	$E = 336,1$
$Z = 271$	$E = 337,4$
$Z = 272$	$E = 338,7$
$Z = 273$	$E = 340,0$
$Z = 274$	$E = 341,3$
$Z = 275$	$E = 342,6$
$Z = 276$	$E = 343,9$
$Z = 277$	$E = 345,2$
$Z = 278$	$E = 346,5$
$Z = 279$	$E = 347,8$
$Z = 280$	$E = 349,1$
$Z = 281$	$E = 350,4$
$Z = 282$	$E = 351,7$
$Z = 283$	$E = 353,0$
$Z = 284$	$E = 354,3$
$Z = 285$	$E = 355,6$
$Z = 286$	$E = 356,9$
$Z = 287$	$E = 358,2$
$Z = 288$	$E = 359,5$
$Z = 289$	$E = 360,8$
$Z = 290$	$E = 362,1$
$Z = 291$	$E = 363,4$
$Z = 292$	$E = 364,7$
$Z = 293$	$E = 366,0$
$Z = 294$	$E = 367,3$
$Z = 295$	$E = 368,6$
$Z = 296$	$E = 369,9$
$Z = 297$	$E = 371,2$
$Z = 298$	$E = 372,5$
$Z = 299$	$E = 373,8$
$Z = 300$	$E = 375,1$
$Z = 301$	$E = 376,4$
$Z = 302$	$E = 377,7$
$Z = 303$	$E = 379,0$
$Z = 304$	$E = 380,3$
$Z = 305$	$E = 381,6$
$Z = 306$	$E = 382,9$
$Z = 307$	$E = 384,2$
$Z = 308$	$E = 385,5$
$Z = 309$	$E = 386,8$
$Z = 310$	$E = 388,1$
$Z = 311$	$E = 389,4$
$Z = 312$	$E = 390,7$
$Z = 313$	$E = 392,0$
$Z = 314$	$E = 393,3$
$Z = 315$	$E = 394,6$
$Z = 316$	$E = 395,9$
$Z = 317$	$E = 397,2$
$Z = 318$	$E = 398,5$
$Z = 319$	$E = 399,8$
$Z = 320$	$E = 401,1$
$Z = 321$	$E = 402,4$
$Z = 322$	$E = 403,7$
$Z = 323$	$E = 405,0$
$Z = 324$	$E = 406,3$
$Z = 325$	$E = 407,6$
$Z = 326$	$E = 408,9$
$Z = 327$	$E = 410,2$
$Z = 328$	$E = 411,5$
$Z = 329$	$E = 412,8$
$Z = 330$	$E = 414,1$
$Z = 331$	$E = 415,4$
$Z = 332$	$E = 416,7$
$Z = 333$	$E = 418,0$
$Z = 334$	$E = 419,3$
$Z = 335$	$E = 420,6$
$Z = 336$	$E = 421,9$
$Z = 337$	$E = 423,2$
$Z = 338$	$E = 424,5$
$Z = 339$	$E = 425,8$
$Z = 340$	$E = 427,1$
$Z = 341$	$E = 428,4$
$Z = 342$	$E = 429,7$
$Z = 343$	$E = 431,0$
$Z = 344$	$E = 432,3$
$Z = 345$	$E = 433,6$
$Z = 346$	$E = 434,9$
$Z = 347$	$E = 436,2$
$Z = 348$	$E = 437,5$
$Z = 349$	$E = 438,8$
$Z = 350$	$E = 440,1$
$Z = 351$	$E = 441,4$
$Z = 352$	$E = 442,7$
$Z = 353$	$E = 444,0$
$Z = 354$	$E = 445,3$
$Z = 355$	$E = 446,6$
$Z = 356$	$E = 447,9$
$Z = 357$	$E = 449,2$
$Z = 358$	$E = 450,5$
$Z = 359$	$E = 451,8$
$Z = 360$	$E = 453,1$
$Z = 361$	$E = 454,4$
$Z = 362$	$E = 455,7$
$Z = 363$	$E = 457,0$
$Z = 364$	$E = 458,3$
$Z = 365$	$E = 459,6$
$Z = 366$	$E = 460,9$
$Z = 367$	$E = 462,2$
$Z = 368$	$E = 463,5$
$Z = 369$	$E = 464,8$
$Z = 370$	$E = 466,1$
$Z = 371$	$E = 467,4$
$Z = 372$	$E = 468,7$
$Z = 373$	$E = 470,0$
$Z = 374$	$E = 471,3$
$Z = 375$	$E = 472,6$
$Z = 376$	$E = 473,9$
$Z = 377$	$E = 475,2$
$Z = 378$	$E = 476,5$
$Z = 379$	$E = 477,8$
$Z = 380$	$E = 479,1$
$Z = 381$	$E = 480,4$
$Z = 382$	$E = 481,7$
$Z = 383$	$E = 483,0$
$Z = 384$	$E = 484,3$
$Z = 385$	$E = 485,6$
$Z = 386$	$E = 486,9$
$Z = 387$	$E = 488,2$
$Z = 388$	$E = 489,5$
$Z = 389$	$E = 490,8$
$Z = 390$	$E = 492,1$
$Z = 391$	$E = 493,4$
$Z = 392$	$E = 494,7$
$Z = 393$	$E = 496,0$
$Z = 394$	$E = 497,3$
$Z = 395$	$E = 498,6$
$Z = 396$	$E = 499,9$
$Z = 397$	$E = 501,2$
$Z = 398$	$E = 502,5$
$Z = 399$	$E = 503,8$
$Z = 400$	$E = 505,1$
$Z = 401$	$E = 506,4$
$Z = 402$	$E = 507,7$
$Z = 403$	$E = 509,0$
$Z = 404$	$E = 510,3$
$Z = 405$	$E = 511,6$
$Z = 406$	$E = 512,9$
$Z = 407$	$E = 514,2$
$Z = 408$	$E = 515,5$
$Z = 409$	$E = 516,8$
$Z = 410$	$E = 518,1$
$Z = 411$	$E = 519,4$
$Z = 412$	$E = $



hängen zwischen physikalischen Eigenschaften der Atome und der Atommasse zu beschäftigen. Davon ausgehend stellte er die Kurve der Atomvolumina auf. Auch Mendelejew war von Cannizzaros Auftreten stark beeindruckt, und er würdigte später dessen Konzeption als notwendige und wesentliche Voraussetzung für die Entdeckung des Gesetzes der Periodizität.

Im Jahre 1863 wurde Mendelejew in Petersburg Professor und 1865 Ordinarius für technische Chemie, 1867 für reine (anorganische) Chemie.

Im Jahre 1869 veröffentlichte er seine Gedanken zur Systematisierung der damals bekannten Elemente. In der Abhandlung „Über die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente“ wurde der Wissenschaft erstmalig ein System der chemischen Elemente vorgelegt, das die weitere chemische Forschung grundlegend beeinflußte. Diese Arbeit erschien noch im gleichen Jahr in deutscher Sprache.

Mendelejew ordnete die Elemente nach steigender Atommasse. Er benutzte also das gleiche Prinzip wie andere Forscher, zum Beispiel Newlands. Die Arbeiten Newlands waren Mendelejew aber nicht bekannt. Mendelejew wählte das gleiche Prinzip, weil durch die Arbeiten Daltons (Atomtheorie, Masseverhältnisse) ein Zusammenhang zwischen den qualitativen und quantitativen Eigenschaften eines Elements erkannt war. Die wichtigste der quantitativen Eigenschaften war die Atommasse.

Mendelejew betrachtete aber die Eigenschaften der Elemente nicht als reine Funktion der Atommassen, sondern sah die Kriterien in der Gesamtheit der dialektischen Beziehungen der wichtigsten qualitativen und quantitativen Merkmale der Elemente. Seine spontan dialektische Betrachtung ermöglichte ihm die Entdeckung des Gesetzes der Periodizität. Es sagt aus, daß die Eigenschaften der Elemente und Verbindungen periodisch von den Atommassen der Elemente abhängen. Dieses Gesetz war die Grundlage für Mendelejews System der chemischen Elemente. Darin und in der konsequenten Anwendung dieses Gesetzes unterscheiden sich die Arbeiten Mendelejews zur Systematisierung der Elemente grundsätzlich von den ähnlichen Arbeiten der anderen Chemiker seiner Zeit. Friedrich Engels schätzte die allgemeine Bedeutung der Mendelejewschen Entdeckung wie folgt ein: „Vermittels der – unbewußten – Anwendung des Hegelschen Gesetzes vom Umschlagen der Quantität in

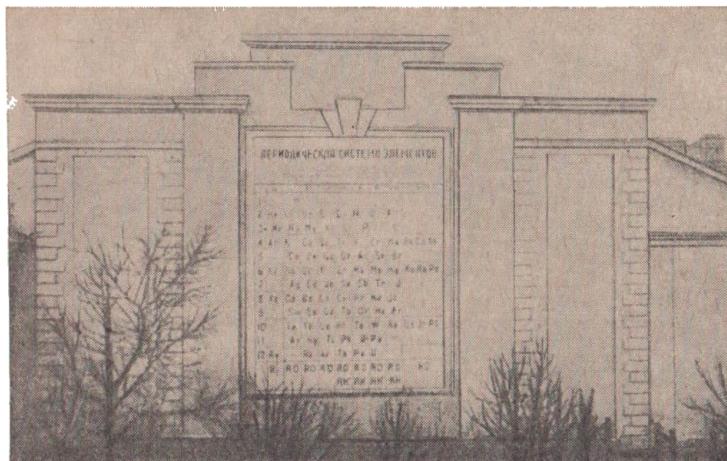
No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 31	Cd 38	
B 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	Te 43	

die Qualität war *Mendelejew* eine wissenschaftliche Tat gelungen, die sich der *Leverriers* in der Berechnung der Bahn des noch unbekannten Planeten Neptun kühn an die Seite stellen darf“ [5; S. 60]. *Mendelejew* wies genetische Beziehungen zwischen den chemischen Elementen nach und äußerte: „... bis zum periodischen Gesetz stellten sich die Elemente nur als zusammenhanglose zufällige Erscheinungen der Natur dar“ [43; S. 54]. Das Gesetz der Periodizität trug dazu bei, bei der Untersuchung der chemischen Elemente Zufälligkeiten auszuschließen. In diesem Sinne wandte es *Mendelejew* bei seinen Arbeiten zur Systematisierung der Elemente sowie zur Schließung der Lücken im System konsequent an.

1871 veränderte *Mendelejew* ein Drittel der Atommassen der etwa 60 bekannten Elemente. Keiner der später genannten „Mitentdecker“ des Gesetzes der Periodizität (z. B. *Chancourtois*, *Newlands*, *L. Meyer*) war in der Lage, damals aus seinen Erkenntnissen derartige Daten abzuleiten. Teilweise negierten sie sogar den Gesetzescharakter der Periodizität. *L. Meyer* schrieb beispielsweise im Jahre 1870: „Es würde voreilig sein, auf so unsichere Anhaltspunkte hin eine Änderung der bisher angenommenen Atomgewichte vorzunehmen“ [44; S. 364]. Im Gegensatz dazu offenbart sich bei *Mendelejew* die materialistische Tendenz der russischen Naturwissenschaftler im 19. Jahrhundert und ihre wissenschaftliche Kühnheit. *Mendelejew* war fest davon überzeugt, ein Gesetz gefunden zu haben: „Naturgesetze dulden keine Ausnahmen und unterscheiden sich dadurch von Regeln und Regelmäßigkeiten... Das periodische Gesetz muß entweder bis zu seinen letzten Konsequenzen anerkannt und als ein neues Mittel der chemischen Forschung betrachtet oder es muß verworfen werden“ [45; S. 692].

Bereits in der Arbeit von 1869 finden sich prognostische Züge, wenn er schreibt: „Man muß die Entdeckung noch vieler unbekannter Grundstoffe erwarten, z. B. Elemente, die dem Al und Si ähnlich sind mit einem Atomgewicht von 65 bis 75.“ Später präzisierte er diese Vorhersage und schrieb zum Beispiel über das Ekasilizium, daß es aus EsO_2 oder EsK_2F_2 durch Einwirkung von Na zu erhalten wäre, es Wasserdampf nur schwierig zersetzen würde und auf Säuren nur schwach, aber leichter auf Alkalien einwirken müßte.

Mendelejew-
Denkmal
in Leningrad,
errichtet 1934

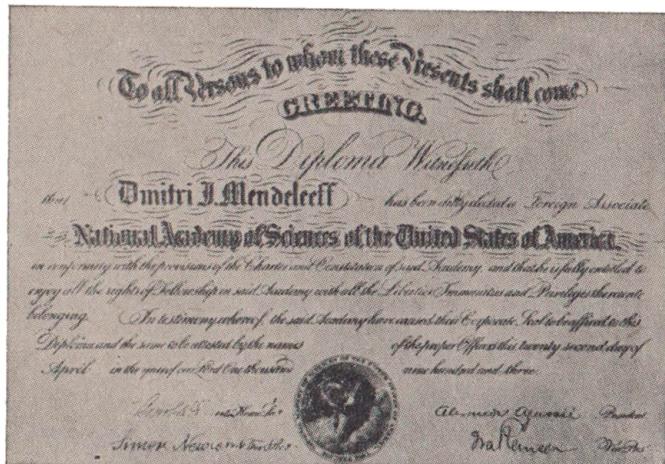


Im Jahre 1886 entdeckte der deutsche Chemiker *Clemens Winkler* das Germanium, dessen Eigenschaften mit den vorausgesagten des Ekasiliziums ausgezeichnet übereinstimmten. Die Entdeckung des Germaniums und die des Galliums (1875) bestätigten den objektiven Charakter des Gesetzes der Periodizität. Auch die später entdeckten Elemente erfaßte dieses Gesetz. Um 1890 wurde es allgemein anerkannt.

Durch die neuen Erkenntnisse über die Struktur der Atome, die Anfang des 20. Jahrhunderts vorlagen, konnte das Gesetz der Periodizität präzisiert und sein Wesen tiefer erfaßt werden. Auf diese Entwicklung wies *Mendelejew* bereits im Jahre 1891 hin: „Bis jetzt fehlen uns aber noch die Mittel, um die Natur und desto mehr die Ursachen dieses Gesetzes zu erfassen. Aller Wahrscheinlichkeit nach liegt die Ursache in der inneren Mechanik der Atome und Moleküle“ [45; S. 685].

Mit der Entdeckung des Gesetzes der Periodizität chemischer Elemente erhielt die chemische Theorie einen relativen Abschluß. Während die klassische Chemie im wesentlichen von drei Gesetzen erfaßt wurde: dem Gesetz von der Erhaltung der Masse, dem Gesetz von den konstanten Proportionen und dem lange Zeit negierten *Avogadroschen* Gesetz, konnte die chemische Theorie in der Mitte des 19. Jahrhunderts um zwei thermodynamische Gesetzmäßigkeiten, die Valenzstrukturlehre und um das Gesetz der Periodizität, bereichert werden. Diese Erweiterungen machten es möglich, das Wesen chemischer Vorgänge besser zu erfassen und genauere Voraussagen über Reaktionsabläufe zu formulieren. Die Entwicklung der allgemeinen und physikalischen Chemie gegen Ende des 19. Jahrhunderts, in deren Verlauf die Arbeiten *Mendelejews* eine bedeutende Rolle spielen, erlaubte es nun auch, industrielle Prozesse theoretisch zu durchdenken und mathematisch zu erfassen. Die nun mögliche wissenschaftliche Einsicht in empirische Verfahren ließ die Chemie zu einer wesentlichen Produktivkraft werden. Diese Entwicklung ist nicht zuletzt auf das Wirken *Mendelejews* und *L. Meyers* zurückzuführen.

Bis zu seinem Tode im Jahre 1907 entfaltete *Mendelejew* eine vielseitige und intensive Tätigkeit. Sein Lehrbuch „Grundlagen der Chemie“ erlebte mehrere Auflagen und erschien auch in englischer, französischer und deutscher Sprache. Als Nachfolger



Woskressenskis lehrte er die meiste Zeit seiner Tätigkeit als Hochschullehrer an der Petersburger Universität. In seinen späteren Jahren widmete er sich besonders ökonomischen und technologischen Problemen, beispielsweise der Erdölverarbeitung, der Untertagevergasung der Kohle und der Entwicklung der Kohleindustrie und Metallurgie. Mendelejews Pläne zur industriellen Entwicklung Rußlands konnten im damaligen Rußland, in dem die Gutsbesitzer einen großen ökonomischen Einfluß hatten, nicht verwirklicht werden.

Mendelejew griff auch in die ideologischen Auseinandersetzungen seiner Zeit ein und verteidigte unter den Bedingungen der Krise in der Naturwissenschaft leidenschaftlich und überzeugt die Positionen des Materialismus gegen die antiatomistische (machistische oder energetische) Linie in der Chemie. Als materialistischer Forscher bekämpfte er jede Form des Aberglaubens und trug auf Grund wissenschaftlicher Darlegungen hervorragend dazu bei, daß der Spiritismus, der in Rußland im 19. Jahrhundert Mode war, sich in der russischen Intelligenz nicht weiter ausbreiten konnte. Da er sich aber von alten Ansichten über die Atome und Elemente nicht lösen konnte, verhielt er sich skeptisch zu den neuen Erkenntnissen über die Radioaktivität und zur Elektronentheorie. Seine Auffassung konnte deshalb weder die Krise der Physik überwinden, noch sich in der Wissenschaft behaupten. Das von ihm entdeckte periodische Gesetz wurde jedoch immer mehr bereichert und vertieft und trug wesentlich zur gegenseitigen Durchdringung von Chemie und Physik bei.

Mendelejew war Mitglied vieler wissenschaftlicher Gesellschaften, so auch der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, bekleidete in Rußland hohe Staatsämter und erhielt mehrere wissenschaftliche Auszeichnungen. Als im Jahre 1955 eine Gruppe amerikanischer Forscher das Element mit der Ordnungszahl 101 dargestellt hatte, nannte sie es Mendeleium. Sie würdigte damit die Verdienste Mendelejews, als erster das Periodensystem zur Voraussage unbekannter Elemente benutzt und damit Voraussetzungen für die Entdeckung der Transurane geschaffen zu haben.

Organische Chemie

Friedrich Wöhler

Friedrich Wöhler gilt neben *Justus Liebig* als Begründer der modernen Chemie und ihrer Lehre und Forschung in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Er erschloß der chemischen Forschung zahlreiche Einzelgebiete und entwickelte damit Grundlagen, auf denen nachfolgende Generationen das noch heute im Prinzip gültige Gebäude der Chemie errichten konnten.

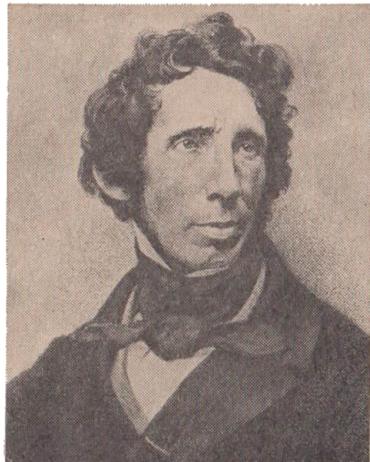
Wöhler lebte in einer Zeit, die reich an politischen Ereignissen war und in der sich Wissenschaft und Produktion stürmisch entwickelten. Als er geboren wurde, war das Heilige Römische Reich Deutscher Nation zerfallen. Im letzten Jahrzehnt seines Lebens war er Zeuge des raschen Aufstiegs des von *Bismarck* und den preußischen Junkern aus „Blut und Eisen“ geschaffenen Deutschen Reiches.

Während Wöhlers Leben wurde die organische Chemie – eingeleitet durch seine eigenen Arbeiten – ein in sich geschlossener selbständiger Zweig der Chemie und in seinen letzten Lebensjahren begann sich die physikalische Chemie als wissenschaftliche Disziplin zu entwickeln.

Für die wissenschaftlichen Arbeiten Wöhlers und auch seiner Zeitgenossen war der ökonomische Aufschwung in Deutschland nach 1848 von Bedeutung. Bergbau, Hüttenindustrie und Maschinenbau, aber auch die Leichtindustrie entwickelten sich, gefördert durch ein verbessertes Transport- und Verkehrswesen (Eisenbahnbau). Ab Mitte der sechziger Jahre entwickelte sich auch die chemische Industrie zu einem bedeutenden Industriezweig.

Friedrich Wöhler wurde am 31. Juli 1800 in Eschersheim bei Frankfurt/M. geboren. Sein Vater hatte als Landwirt ein beträchtliches Vermögen erworben und lebte später als ein angesehener Bürger der Freien Reichsstadt Frankfurt, wo Friedrich Wöhler das Gymnasium besuchte. Frühzeitig interessierte Wöhler das Geschehen in der belebten und unbelebten Natur. Der Privatgelehrte *Dr. Buch* – ein Mediziner und Mitglied der berühmten *Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* – sowie seine Lehrer, der Geograph *Ritter* und der Historiker *Schlosser*, unterstützen die Interessen des Gymnasiasten besonders.

Wöhler studierte dann in Marburg und Heidelberg Humanmedizin. Zu seinen Lehrern gehörte der Chemiker *L. Gmelin*, der Wöhlers Interesse für die Chemie förderte,



ihn zwar in seinem Laboratorium arbeiten ließ, aber von einem systematischen Studium dieser Wissenschaft abhielt. So erhielt er erst im Jahre 1823, nachdem er bereits auf dem Gebiet der Medizin promoviert hatte, bei *Berzelius* in Stockholm eine gründliche chemische Ausbildung, besonders als Analytiker.

Eine entsprechende Ausbildung konnte ihm damals in Deutschland nicht geboten werden. Das Chemiestudium war an den meisten deutschen Universitäten ein Teil des Medizinstudiums, und die wenigen selbständigen Laboratorien verfügten nur über eine unzureichende Ausstattung.

Im Zusammenhang mit der kapitalistischen Entwicklung in Deutschland entstand in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts neben den Universitäten ein neuer Hochschultyp, in dem der Unterricht auf die praktischen Belange von Industrie, Handel und Landwirtschaft abgestimmt war. Dazu gehörte auch die neu gegründete Städtische Gewerbeschule in Berlin, an der Wöhler von 1825 bis 1831 Chemie unterrichtete. Aus seinem Berliner Laboratorium in der Niederwallstraße ging eine Reihe bedeutender chemischer Entdeckungen hervor: die Harnstoffsynthese, die Darstellung des Aluminiums und des Phosphors. Im Jahre 1828 wurde Wöhler an der Gewerbeschule zum Professor ernannt. Diese Schulen wurden damals jedoch nicht als den Universitäten gleichberechtigt anerkannt. Die vielen Kleinarbeiten in seiner Lehrtätigkeit empfand Wöhler immer als Belastung und wollte deshalb lieber an einer Universität lehren. In Berlin unter der preußischen Bürokratie, die die Naturwissenschaften auch an den Universitäten noch immer benachteiligte, wurde er nie recht heimisch und ging im Jahre 1831, als in Berlin die Cholera wütete, an die Gewerbeschule in Kassel. 1836 nahm er an Stelle *Bunsens* eine Berufung als Nachfolger von *Stromeyer* nach Göttingen an. Wöhler übernahm hier ein recht gut ausgestattetes Laboratorium und konnte sich ganz seinen wissenschaftlichen Interessen widmen. Als Hochschullehrer erfreute er sich einer hohen Wertschätzung. Zu seinen bekanntesten Schülern zählten *H. Kolbe*, *R. Fittig* und *F. K. Beilstein*. In der Zeit von 1846 bis 1866 haben in Göttingen über 8200 Studenten chemische Vorlesungen gehört. Kaum in einem anderen chemischen Laboratorium wurden damals so viele chemische Arbeiten ausgeführt wie bei Wöhler in Göttingen.

Friedrich Stromeyer, 1776 bis 1835,
Professor in Göttingen,
entdeckte 1817 das Kadmium



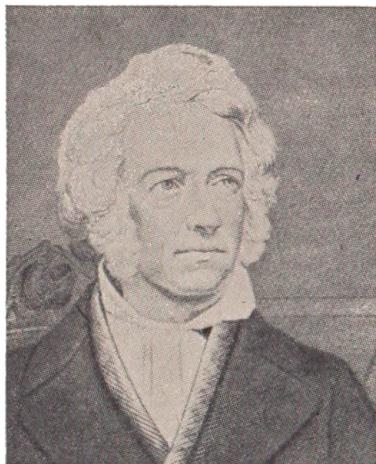
Durch sein rastloses Schaffen hatte er seiner Gesundheit sehr geschadet, so daß er in den letzten Lebensjahren häufig Erholungsreisen unternehmen mußte. Er verstarb am 23. September 1882.

In Wöhlers Leben ist das Interesse bemerkenswert, mit dem er, besonders in den Jahren 1848 und 1849, die politischen Ereignisse seiner Zeit verfolgte. Im Vergleich zu Liebig, vor allem dem jungen Liebig, war Wöhler gegenüber den politischen Ereignissen äußerlich zurückhaltender. So hatte er sich im Jahre 1837 auch nicht an dem Protest der Göttinger Professoren beteiligt. Er begrüßte zwar, daß die Regierung durch die Revolution gezwungen wurde, Reformen durchzuführen, die sie vorher verweigert hatte, begegnete aber besonders den revolutionären Forderungen des damaligen Proletariats und der Bauern mit Vorbehalten, da er die historische Aufgabe des Proletariats nicht erkannte. Er befürchtete, wie auch andere Intellektuelle seiner Zeit, daß unter der Herrschaft des „wenig gebildeten“ Proletariats Kultur und Wissenschaft vernichtet werden könnten. In einem Brief an Liebig schrieb er: „Niemand kann mit größerer Begierde... die Ereignisse der Zeit verfolgen als ich, aber es ist... der Fluch der Zeit, daß jeder Narr jetzt glaubt, in diesen Dingen mitsprechen und miturteilen und mitregieren zu müssen“ [46; S. 198].

Wie auch seine Zeitgenossen Bunsen und Schönbein, war Wöhler ein Gegner der Bismarckschen Annexionspolitik, die während des Krieges von 1866 offenkundig wurde. Seine besondere Abneigung galt dem Krieg. An Liebig schrieb er im Jahre 1866: „Der Teufel hole die, die den Krieg in die Welt bringen!“ [46; S. 320].

Wie die meisten großen Naturforscher des 19. Jahrhunderts lehnte er die romantische Naturphilosophie ab, da sie für die weitere Entwicklung der Naturwissenschaften unfruchtbare war. Die „... Naturphilosophie war nichts anderes als die alte tote Scholastik...“ [46; S. 295], schrieb er an Liebig, der sich allerdings viel stärker von dieser spekulativen Richtung der Philosophie distanzierte.

Im Vergleich zu Liebig neigte Wöhler stärker zu spontan-materialistischen Auffassungen, die sich auch im Briefwechsel mit Liebig äußerten. Im Zusammenhang mit dessen berühmter Akademierede (1865) schrieb er zum Beispiel: „... daß man in den Naturwissenschaften, um eine Tatsache zu verstehen, bereits bestimmte Ideen im



Leopold Gmelin, 1788 bis 1853,
Professor der Chemie in Heidelberg,
Herausgeber des
„Handbuch der theoretischen Chemie“

Kopfe haben müsse, so stimme ich Dir vollkommen bei; aber es wäre doch die Frage, ob nicht die Ideen ebenfalls schon durch die gleichsam unbewußt vorausgegangene Beobachtung von sinnlichen Wahrnehmungen entstanden sind... Und so werden auch die theoretischen Ideen durch Tatsachen erzeugt...“ [46; S. 315].

Zu Schönbeins Arbeiten über Ozon bemerkte Wöhler, daß ihn dieser Stoff erst dann richtig interessiere, wenn man ihn fassen und auf die Waage legen kann.

Trotz spontan-materialistischer Äußerungen und seiner Gegnerschaft zur spekulativen deutschen Naturphilosophie war Wöhler dennoch nicht in der Lage, die erkenntnistheoretische Bedeutung seiner Synthesen zu erfassen.

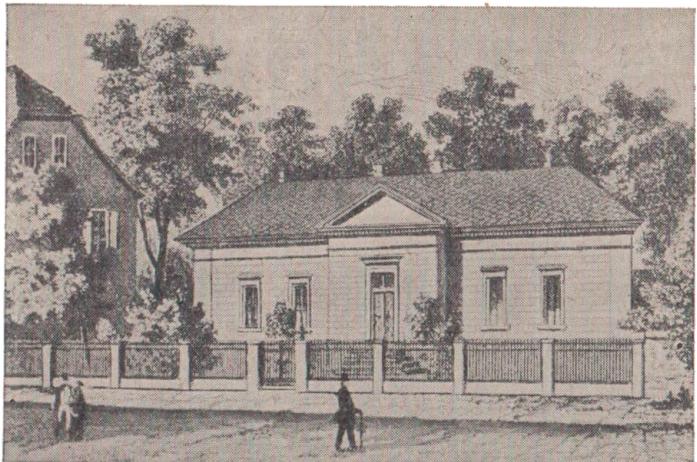
In seinem Leben und Schaffen spielten die freundschaftlichen Verbindungen zu seinem Lehrer Berzelius und zu Liebig eine bedeutende Rolle. Mit beiden Chemikern führte er einen regen, aufschlußreichen Briefwechsel über wissenschaftliche Forschungsergebnisse, aber auch über allgemeine persönliche und politische Fragen.

Mit Liebig arbeitete er u. a. gemeinsam über das Radikal der Benzoesäure (Benzolkarbonsäure). Diese Arbeit förderte die Herausbildung der Radikaltheorie und die Klassifizierung der organischen Verbindungen.

Bereits bei Berzelius arbeitete Wöhler an den Verbindungen der Zyansäure und ihren Isomeren. Er lieferte damit, neben anderen Wissenschaftlern, Material zur Entwicklung der Vorstellung über die Konstitution chemischer Verbindungen.

Seine Ergebnisse sprachen in gewisser Beziehung gegen die dualistischen Auffassungen, die sein Lehrer Berzelius zur Grundlage seiner elektrochemischen Theorie gemacht hatte. Wöhler wies nach, daß die Eigenschaften eines Stoffes nicht nur von denen der „Paarlinge“ abhängen, sondern auch von der unterschiedlichen Art und Weise der Zusammenlagerung, wie es die Vertreter der unitarischen Auffassung behaupteten. Material zur Klärung dieses Problems lieferte später A. W. Hofmann.

Im Jahre 1824 gelang es Wöhler, durch Hydrolyse von Dizyan die Oxalsäure (Äthandisäure) herzustellen. Diese Verbindung hatte bereits Scheele im Jahre 1776 durch Oxydation von Zucker mit Salpetersäure erstmalig dargestellt. Das Neue an der Wöhlerschen Entdeckung war, daß diese Substanz aus anorganischen Ausgangsstoffen synthetisiert wurde.



Die im Jahre 1828 durch Umlagerung von Ammoniumzyanat gelungene Synthese des Harnstoffs war von großer Bedeutung für die Entwicklung der organischen Chemie. Damit schuf er zunächst ein hervorragendes Beispiel für die Erscheinung, die *Berzelius* Isomerie nannte, und trug somit zur Entwicklung der chemischen Strukturtheorie bei. Gleichzeitig wurde die Auseinandersetzung um den vitalistisch begründeten Gegensatz zwischen der anorganischen und organischen Chemie außerordentlich belebt. *Wöhler* schätzte die Bedeutung seiner Entdeckung zunächst sehr vorsichtig ein und fragte seinen Lehrer *Berzelius*, ob sie wirklich als organische Synthese aufzufassen sei. *Liebig* bezeichnete *Berzelius'* Entdeckung der Traubensäure und *Wöhlers* Harnstoffsynthese als den Anfang der wissenschaftlichen organischen Chemie. A. W. *Hofmann* nannte sie „eine im eigentlichen Sinne des Wortes epochemachende Entdeckung“ [47; S. 38/39].

Die künstliche Darstellung des Harnstoffs war für *Wöhler* und andere Chemiker, zum Beispiel *Berzelius*, noch kein hinreichender Grund, sich vom Vitalismus loszusagen. Noch in den letzten Ausgaben seines „Grundriß der organischen Chemie“ sprach *Wöhler* von der Rolle der „Lebenskraft“ bei organisch-chemischen Reaktionen, auf die seiner Meinung nach auch nicht die für die anorganische Chemie geltenden Gesetzmäßigkeiten zutreffen. Wenn auch *Wöhler* seine Entdeckung subjektiv falsch einschätzte, so half er dennoch, den Vitalismus in der Naturwissenschaft zu überwinden und den Gedanken von der materiellen Einheit der Welt zu stützen und zu verbreiten. Die neuen organischen Synthesen wertete *Engels* im Jahre 1876 als einen Beitrag für die Entwicklung der materialistisch-dialektischen Betrachtungsweise der Natur: „Die wunderbar rasche Entwicklung der Chemie seit *Lavoisier* und besonders seit *Dalton* griff die alten Vorstellungen von der Natur von einer anderen Seite an. Durch Herstellung von bisher nur im lebenden Organismus erzeugten Verbindungen auf anorganischem Wege wies sie nach, daß die Gesetze der Chemie für organische Körper dieselbe Gültigkeit haben wie für unorganische, und füllte sie einen großen Teil der noch nach *Kant* auf ewig unüberschreitbaren Kluft zwischen unorganischer und organischer Natur aus“ [5; S. 16/17]. Er zählte die Darstellung des Harnstoffs zu den großen naturwissenschaftlichen Leistungen des 19. Jahrhunderts, welche die



F. Wöhler
gemeinsam mit J. v. Liebig,
H. Buff und H. Kopp
Aufnahme aus späteren Jahren

materialistische Naturauffassung stützen, weil durch jene und die in großer Anzahl folgenden organischen Synthesen die „unverstandenen Geheimnisse“ aus der Natur verbannt und sich diese „als ein wenigstens in den großen Grundzügen erklärt und begriffenes System von Zusammenhängen und Vorgängen vor uns“ ausbreitet [5; S. 210, 211].

Während seiner Tätigkeit in Göttingen stellte Wöhler Siliziumkarbid, Silane und Trichlorsilan her. Er entdeckte die Analogie der siliziumorganischen Verbindungen mit den Kohlenstoffverbindungen. Wöhler erhielt erstmalig aus Kalziumkarbid und Wasser Äthin (1863) und fand damit eine Reaktion, die später in der chemischen Großindustrie grundlegende Bedeutung erlangte.

Von seinen Arbeiten in der anorganischen Chemie ist die Darstellung reinen Aluminiums in Form kleiner Metallflitter im Jahre 1827 besonders zu nennen. Die Herstellung dieses Elementes beschäftigte ihn noch lange. Erst 1845 konnte er Liebig berichten, daß er „das Aluminium in so großen Kugeln erhalten“ [46; S. 149] habe, daß es ihm möglich war, die Dichte zu $2,50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ zu bestimmen.

Inzwischen war es dem Franzosen Henry Sainte-Claire Deville gelungen, ein Verfahren zur fabrikmäßigen Aluminiumherstellung zu entwickeln. Es entstand ein Prioritätsstreit, der schließlich 1855 damit beendet wurde, daß Wöhler und Deville gleichermaßen Anerkennung fanden.

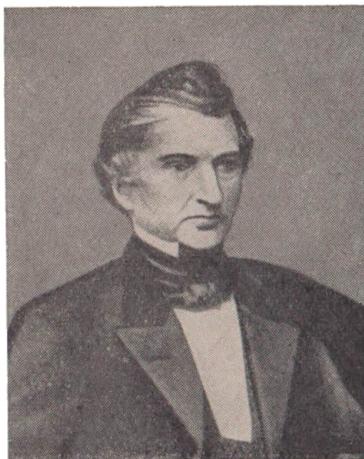
Im Jahre 1829 veröffentlichte Wöhler seine Arbeit „Über die Gewinnung des Phosphors“. Er hatte in seinem Laboratorium Phosphate zu Phosphor reduziert und damit die im Prinzip noch heute übliche Methode zur Phosphorherstellung entwickelt.

Wöhler isolierte außerdem Beryllium, kristallines Silizium und Bor.

Wöhlers bedeutender Beitrag zur Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert zeigte sich auch in einer beachtlichen literarischen Tätigkeit. Er schuf Grundrisse der anorganischen und organischen Chemie sowie Leitfaden für das analytische Praktikum, die in mehreren Auflagen erschienen. Wöhler übersetzte Berzelius' Lehrbücher und Jahresberichte ins Deutsche und gab zeitweilig die Annalen für Chemie und Pharmazie heraus.

Justus von Liebig

Justus Liebig, ein Zeitgenosse Friedrich Wöhlers, wurde am 12. Mai 1803 als Sohn eines Materialwarenhändlers in Darmstadt geboren. Einen Teil seiner Handelsprodukte, zum Beispiel Farben, stellte der Vater Liebigs selbst her und unterhielt dazu ein kleines Laboratorium, in dem sein Sohn erste chemische Erfahrungen sammelte. Uninteressiert an dem vorwiegend altsprachlichen Unterricht im Gymnasium, verließ Liebig ohne Abschlußexamen die Schule. Sein Vater ermöglichte ihm 1820 an der neuerrichteten Universität in Bonn das Chemiestudium. Liebigs Lehrer war Kastner, der zu seiner Zeit als einer der bedeutendsten Chemiker galt. Kastner hielt seine Vorlesungen im Sinne der Naturphilosophie; sie waren ungeordnet und von der Praxis losgelöst. Als besonderes Privileg durfte Liebig in Kastners Laboratorium arbeiten. Als Kastner im folgenden Jahre nach Erlangen berufen wurde, wechselte auch Liebig zu dieser Universität über. Kastner ließ Liebigs Arbeit über das Knallsilber drucken und schrieb dazu eine Einleitung. In Erlangen war Liebig bemüht, seine durch den vorzeitigen Abgang vom Gymnasium verbliebenen Wissenslücken zu schließen. Er hörte philosophische Vorlesungen bei Schelling, erkannte bald die Enge und Unproduktivität der von den romantischen Philosophen vertretenen Naturschwärmerie, die ihm nach seinen eigenen Worten zwei kostbare Jahre gekostet hatte. Auf Vorschlag Kastners erhielt Liebig ein Stipendium zum Studium in Paris. Frankreich befand sich trotz der Restaurationsversuche des französischen Königs Karl X. infolge der wesentlich weiter als in Deutschland fortgeschrittenen wirtschaftlichen Entwicklung in einer Blütezeit der naturwissenschaftlichen Forschung. In Frankreich lebten damals hervorragende Naturwissenschaftler, wie Gay-Lussac, Thénard, Lamarck, Arago und Cuvier, die von der Regierung reichlich unterstützt wurden. Liebigs Lehrer in Paris waren Gay-Lussac, Thénard und Dulong, mit denen ihn bald feste Freundschaft verband. Entscheidend für Liebigs wissenschaftliche Entwicklung wurde jedoch seine Bekanntschaft mit Alexander v. Humboldt, der sich nicht nur in Paris des jungen Liebig annahm, sondern sich auch dafür einsetzte, daß Liebig als Einundzwanzigjähriger 1824 zum außerordentlichen Professor an der Universität Gießen ernannt wurde. Durch Liebig wurde die kleine Landesuniversität ein Anziehungspunkt für Chemiker aus der ganzen Welt.



Liebig baute sich sein erstes Laboratorium in dem Wachhäuschen einer ehemaligen Kaserne auf. Einen großen Teil der Geräte mußte er aus eigenen Mitteln besorgen. Immer wieder bemühte er sich um eine Vergrößerung des Laboratoriums, das aber erst 1839 durch einen Neubau von neun auf zweiundzwanzig Arbeitsplätze, die sich nun in zwei Arbeitssälen befanden, erweitert werden konnte. *Liebigs* Laboratorium wurde zum Vorbild für fast alle deutschen Universitäten und Hochschulen. Seine Lehrmethode, einfache, richtungweisende Thesen aufzustellen und sie experimentell zu beweisen, gestaltete seinen Unterricht schöpferisch und regte seine Studenten an, eigene Gedanken zu entwickeln. In Gießen nahm er seine Arbeiten zur Verbesserung der organischen Elementaranalyse auf.

1826 begann *Liebigs* Freundschaft und Zusammenarbeit mit *Wöhler*. Mit ihm wie auch mit *Gay-Lussac* und *Berzelius* stand er im wissenschaftlichen Briefwechsel.

Im Jahre 1838 kritisierte *Liebig* den Zustand der Chemie in Österreich, den er vor allem auf die Rückständigkeit und Unfähigkeit der Hochschullehrer zurückführte. 1840 machte er die preußische Regierung für die Vernachlässigung der chemischen Forschung und Lehre in ihrem Lande verantwortlich. Die reaktionäre Regierung ließ noch ein Jahrzehnt verstreichen, bevor sie unter *Bunsen* in Breslau das erste moderne Laboratorium einrichtete. 25 Jahre vergingen nach der Veröffentlichung der Kritik *Liebigs*, bis *A. W. Hofmann* als erster *Liebigs*chüler einen Lehrstuhl in Preußen erhielt. Österreich berief *Liebig* auf Grund seiner Verdienste und seiner Kritik 1840 nach Wien. *Liebig* lehnte jedoch ab, weil er sich mit seiner liberalen Einstellung nicht dem Druck der *Metternichschen* Behörden unterwerfen wollte. Eine weitere Berufung nach Heidelberg lehnte er 1851 ab, weil er hoffte, die von ihm gewünschte finanzielle Unterstützung für sein Laboratorium in Gießen zu erlangen. Als diese Unterstützung ausblieb, schrieb er verbittert an seinen ehemaligen Schüler *Pettenkofer*, der ihm bei dem bayrischen König *Maximilian II.* eine Berufung nach München erwirkte. Hier war *Liebig* vom Laboratoriumsunterricht, zu dem er gesundheitlich nicht mehr in der Lage war, entlastet. In München hielt er seine berühmten öffentlichen Vorlesungen und widmete sich vor allem der physiologischen Chemie, der Biochemie und der Agrikulturchemie.

Liebigs Laboratorium in Gießen
nach einer
Zeichnung aus dem
Jahre 1842



Justus von Liebig starb am 18. April 1873, kurz vor der Vollendung seines 70. Lebensjahres. In seinem Leben wurde er reich geehrt und oftmals ausgezeichnet. Im Jahre 1845 erhob man ihn in den Freiherrnstand, und 1859 wurde er Präsident der bayrischen Akademie der Wissenschaften.

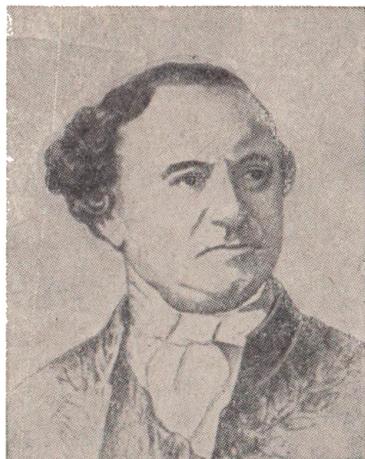
In seiner weltanschaulichen und politischen Haltung vertrat Liebig die Ideologie des deutschen Bürgertums. Wie viele seiner Zeitgenossen beteiligte er sich auch während seiner Studentenzeit an patriotischen Bewegungen und wandte sich als junger Hochschullehrer gegen die reaktionäre Hochschulpolitik in Preußen und Österreich. Der Revolution von 1848 stand er abwartend gegenüber. In den Zielen des sich organisierenden Proletariats erkannte er nicht die Ideen einer zukünftigen Gesellschaft.

In seinen 1844 erstmalig erschienenen „Chemischen Briefen“ vertrat er vitalistische Ansichten und bezog Stellung gegen den Materialismus, wobei bemerkt werden muß, daß diese Abhandlungen bewußt gegen Moleschotts „Kreislauf des Lebens“ gerichtet waren.

Liebigs Beitrag zur organischen Chemie ist vergleichbar mit den Arbeiten Berzelius' für die anorganische Chemie. Wie dieser verbesserte er gebräuchliche Analysenmethoden und -apparate und arbeitete neue aus, wodurch er entscheidende Voraussetzungen für die Entwicklung der organischen Chemie im 19. Jahrhundert schuf. Liebig wurde besonders durch Berzelius zur Analyse organischer Verbindungen angeregt.

Bereits Lavoisier untersuchte organische Substanzen, indem er sie mit Kaliumchlorat oder Mangan(IV)-oxid oxydierte und die Verbrennungsprodukte analysierte. Gay-Lussac, Thénard und, unabhängig von ihnen, Doeberle führten dann das Kupfer(II)-oxid als Oxydationsmittel ein. Berzelius absorbierte die Verbrennungsprodukte durch Kalziumchlorid und Kalilauge. Auf Liebigs Anregung wurden der unterteilte Verbrennungsofen, das bajonettförmige Verbrennungsrohr und bessere Absorptionsgefäß einge führt. Den Stickstoff bestimmte Liebig getrennt von Kohlenstoff und Wasserstoff. Dieses Verfahren wird heute noch in der von Dumas verbesserten Methode angewandt.

In der Arbeit „Über einen neuen Apparat zur Analyse organischer Körper und über



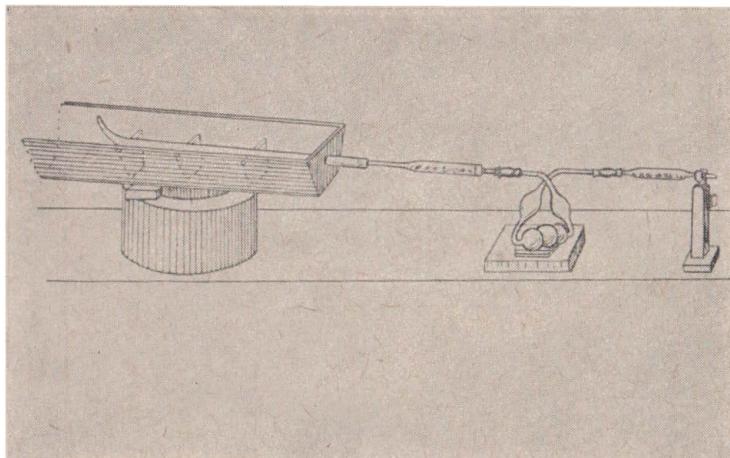
Jean Baptiste Dumas, 1800 bis 1884,
französischer Chemiker,
begründete die Substitutionstheorie,
arbeitete anfangs gemeinsam mit Liebig

die Zusammensetzung einiger organischer Substanzen“ berichtete *Liebig* über seine Methode der organischen Elementaranalyse. Er hatte das Analysenverfahren so ausgebaut, daß in relativ kurzer Zeit ganze Analysenserien durchgeführt werden konnten. *Liebig* war der erste, der auf analytischem Wege den Nachweis erbrachte, daß das von ihm hergestellte Silberfulminat (knallsaures Silber) und das von *Wöhler* untersuchte Silberzyanat bei größter chemischer Verschiedenheit der Eigenschaften die gleiche prozentuale Zusammensetzung haben. Diese Feststellung und *Wöhlers* Darstellung des Harnstoffs aus Ammoniumzyanat nahm *Berzelius* zum Anlaß, diese Erscheinung als Isomerie zu bezeichnen und sie als Folge einer möglichen unterschiedlichen Stellung gleicher Elementaratome anzusehen. Die sich rasch häufenden Isomeriefälle führten zur Entwicklung der Strukturtheorie.

Einen ersten Schritt in dieser Richtung taten *Liebig* und *Wöhler* in ihrer Arbeit über das Benzoyl. In diesen bahnbrechenden Untersuchungen wiesen sie nach, daß zahlreiche Umwandlungsprodukte des Benzaldehyds (Bittermandelöl) und deren Chlor- und Bromderivate eine unverändert bleibende, sich wie ein Element verhaltende Atomgruppierung besitzen, die sie als Benzoyl-Radikal bezeichneten. Gleichzeitig entwickelten sie in dieser Arbeit jene stufenweise Methode der chemischen Umwandlung organischer Verbindungen, deren Prinzipien in dem folgenden Jahrhundert mit größtem Erfolge gleichermaßen zur Aufklärung der Struktur verschiedener Substanzen wie zur Synthese vieler neuer Stoffe angewendet wurden.

Auf diesem Wege lagen auch *Liebigs* bedeutende Experimentalarbeiten über organische Verbindungen, die dem Äthanol nahestanden, wie Äthylhydrogensulfat (Äthyl-schwefelsäure), Äthanal, Diäthyläthanal (Azetal), Trichloräthanal (Chloral) u. a. Durch ihre wegweisenden Untersuchungen über das Amygdalin und über die Harnsäure schufen die beiden Freunde Vorbilder für die künftige Arbeitsmethode der organischen Chemie.

In der Hoffnung, durch ein Bündnis mit *Dumas* die Radikaltheorie unabhängig von *Berzelius* weiterzuentwickeln, traf ihn die schwere Enttäuschung, daß *Dumas* dieser Theorie untreu wurde und eine eigene Substitutionstheorie begründete. Resigniert zog er sich aus dem wissenschaftlichen Streit um die Strukturtheorie zurück.



In der Arbeit „Über die Konstitution organischer Säuren“ legte *Liebig* im Jahre 1838 die Grundlage für seine Säuretheorie und die Betrachtung der Basizität der Säuren. Er definierte Säuren als Wasserstoffverbindungen, deren Wasserstoff durch Metalle ersetzbar ist.

Seit 1840 widmete *Liebig* den größten Teil seiner Arbeit praktischen Problemen, insbesondere der Landwirtschaft. Am bedeutungsvollsten ist wohl sein Werk „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“, das im Jahre 1840 erschien. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts begannen in der deutschen Landwirtschaft die Junker und Großbauern sich kapitalistischer Methoden zu bedienen, und die ersten wurden zu einer starken ökonomischen Kraft im Lande. Sie verfügten nun über die Mittel, die landwirtschaftlichen Erträge unter anderem mit Hilfe neuer Maschinen und chemischer Düngemittel zu steigern. Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ergab sich aus der wachsenden Bevölkerungszahl und dem Übergang ehemaliger Bauern in die Industrieproduktion. Die herkömmliche Bewirtschaftung des Bodens konnte den Nahrungs- und Futtermittelbedarf nicht mehr befriedigen und mußte wissenschaftlich durchdrungen werden. Dazu leisteten *Liebigs* Arbeiten über die Pflanzenernährung einen hervorragenden Beitrag.

Die Pflanzenernährung und Bodenkunde standen damals erst am Anfang ihrer Entwicklung, und so erklärt es sich, daß zunächst das ganze Problem nicht zusammenhängend, sondern in voneinander gelösten Details untersucht wurde. Bereits vor *Liebigs* Forschungen stellte *Albrecht Thaer* die Humustheorie auf, welche die Pflanzenernährung einseitig betrachtete. Andere Forscher, zu denen *Sprengel* und *Liebig* gehörten, untersuchten das Problem vor allem unter chemischen Aspekten. *Liebig* lehnte die *Thaersche* Theorie grundsätzlich ab. Erst später wurden diese Betrachtungsweise überwunden und allseitige Beziehungen zwischen Pflanzen, Boden und anderen Umweltfaktoren erkannt.

Liebigs großes Verdienst um die Entwicklung der Agrikulturchemie ist in seinen wissenschaftlichen Untersuchungen über die chemische Seite der Pflanzenernährung zu suchen, deren Ergebnisse und Schlußfolgerungen er nachhaltig propagierte. Sie



führten dazu, daß mit Beginn der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Deutschland die chemische Düngung eingeführt wurde und Betriebe zur Herstellung chemischer Düngemittel (Superphosphat, Ammonsulfat) entstanden.

Liebig legte auf Grund eingehender Analysen von Pflanzen- und Bodenproben dar, daß die Pflanzen durch ihr Wachstum dem Boden mineralische Stoffe entziehen, die zum größten Teil den Feldern – durch den Verkauf der Ernte in die Städte – nicht wieder zugeführt werden. Darin sah er die Ursache für sinkende Erträge. Zugleich stellte Liebig das Gesetz vom Minimum auf, welches besagt, daß der landwirtschaftliche Ertrag von dem Pflanzennährstoff abhängt, der im Boden der Pflanze am wenigsten zur Verfügung steht. Er folgerte daraus, daß man durch Düngung mit mineralischen Stoffen den Bodenertrag steigern kann. Anfangs glaubte er, daß die Pflanze der Luft Kohlendioxid und Stickstoff, dem Boden Wasser und Nährsalze entnehme. Erst später erkannte er, daß auch der Stickstoff in der Form von wasserlöslichen Salzen den meisten Pflanzen zugeführt werden muß.

Als einer der bedeutendsten Agrikulturchemiker trug er dazu bei, die Ernährung der anwachsenden Bevölkerung zu verbessern. Seine agrikulturchemischen Arbeiten und die daraus resultierenden praktischen Erfolge in der Landwirtschaft waren wichtige Argumente gegen den Malthusianismus.

Mit seinem 1842 erschienenen Werk „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie“ begann Liebig seine Arbeiten auf dem Gebiet der physiologischen Chemie. Er untersuchte den Stoffwechsel und die Atmung auf chemischer Grundlage. Später, in München, beschäftigten ihn Fragen der Ernährungswissenschaft.

Unter seinen literarischen Arbeiten sind besonders die Herausgabe der Annalen der Chemie, die jetzt seinen Namen tragen, das von ihm mit Wöhler und Poggendorff herausgegebene Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie, die Jahresberichte der Chemie und seine „Chemischen Briefe“ hervorzuheben. In den „Chemischen Briefen“, die nach seinem Tode in 6 Auflagen und zuletzt 1913 in einer Auswahl erschienen, zeigte Liebig durch besondere Klarheit seiner Schreibweise, wie die Chemie populär und doch wissenschaftlich dargestellt werden kann.

and the before the June 12th were gathered.
There is probably, among us, no better field than
fringed leaved lupine to take up with and the
flowering in June, and in the dry, for
getting out nothing greater value in the days of
leisure, in August, is to be had. It is fallen, and
broken,

finde ich nun nicht fast jahre
Vorlesungen und Probenungen die ich nicht
mehr vertragen kann.

Mr. Washington often

Dr. J. F. G. K. L. B. E. B. I. G.

Seine zahlreichen kleineren Schriften, Abhandlungen und Vorträge hatten oft große Wirkungen. Insbesondere seine Kritiken an dem Zustande der Chemie in Preußen und in Österreich waren von dem Wunsch diktiert, im Interesse der Menschen die Förderung der Chemie durchzusetzen.

Liebigs Lehrmethoden beeinflußten die Ausbildung der Chemiker nachhaltig. Er erkannte, daß die Studenten nur durch eigene praktische Arbeiten mit den Methoden und den Gesetzen der Chemie vertraut werden, und machte den Laboratoriumsunterricht zum festen Bestandteil des Chemiestudiums. Sein Gießener Labor wurde beispielhaft für alle deutschen Universitäten und Hochschulen, wenn auch schon vor ihm 1811 Doeberiner in Jena, Trommsdorff in Erfurt und Stromeyer in Göttingen die Studenten zu laboratoriumspraktischen Arbeiten anleiteten. Liebig führte den stufenweisen Aufbau des Praktikums ein, bei dem die Studenten zuerst mit qualitativen, dann mit quantitativen Analysen vertraut gemacht und schließlich in die präparativen Methoden eingeführt wurden. Erst danach erhielten sie eigene selbständige Untersuchungsaufgaben.

Liebig bildete mit seinen neuen Lehrmethoden eine ganze Generation von Chemikern heran, die in aller Welt sein Werk fortsetzten. Seine bedeutendsten Schüler waren: *A. W. Hofmann, Kekulé, Pettenkofer, Kopp, Fehling, Fresenius, Erlenmeyer, Volhard, Gerhardt, Wurtz, Gibbs, Playfair, Sinin und Woskressenski.*

Nikolai Nikolajewitsch Sinin

Unter den zahlreichen Naturwissenschaftlern, die traditionelle wissenschaftliche Beziehungen zwischen Deutschland und Rußland pflegten, nimmt *Sin in* einen festen Platz ein. Als Schüler von *Liebig* lernte er in Gießen nicht nur die große Bedeutung des Laboratoriumsunterrichts für das Chemiestudium kennen, sondern erhielt auch wesentliche Anregungen für seine bedeutendsten Forschungsarbeiten. *Sin ins* bekannteste wissenschaftliche Leistung, die Reduktion aromatischer Nitroverbindungen, hatte später auch in Deutschland für die Entwicklung der Farbstoffindustrie und damit der organisch-chemischen Industrie größte Bedeutung.



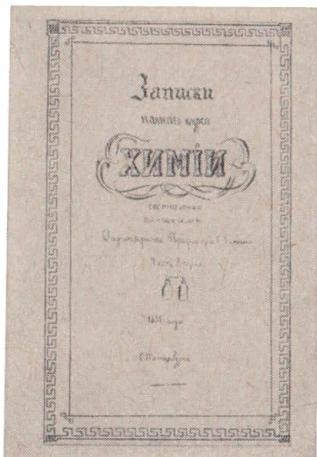
Nikolai Nikolajewitsch Sinin
1812 bis 1880

Nikolai Nikolajewitsch Sinin wurde am 25. August 1812 in Schuscha in der heutigen Aserbaidschanischen Sozialistischen Sowjetrepublik geboren. Nach Abschluß seiner Schulbildung begann er im Jahre 1830 das Studium an der physikalisch-mathematischen Fakultät der Universität Kasan. Der Rektor der Universität, der Mathematiker *Lobatschewski*, erkannte die vielseitige Begabung *Sinins*. Nach Abschluß des Studiums wurde *Sinin* als Dozent für analytische Mechanik, Hydrostatik und Hydraulik berufen und erhielt später außerdem Lehraufträge für Astronomie und Chemie. In der Magisterdissertation (1836) beschäftigte er sich bereits mit Problemen der Chemie, zum Beispiel mit der chemischen Affinität und dem Gesetz der konstanten Proportionen.

Nach 1837 wurde *Sinin*, wie viele andere junge russische Wissenschaftler, für längere Zeit nach Mittel- und Westeuropa geschickt. Er arbeitete in den Berliner Akademie- und Universitäts-Laboratorien bei *Rose* und *Mitscherlich* und längere Zeit bei *Liebig* in Gießen, wo er *A. W. Hofmann* und andere *Liebigs*-Schüler kennenlernte. Außerdem hielt er sich in Frankreich, England und anderen Ländern Westeuropas auf. *Sinin* machte sich während dieser Reise mit den damals im Vergleich zu seiner Heimat weiter fortgeschrittenen Verhältnissen auf dem Gebiete der Naturwissenschaften vertraut. In Deutschland war besonders der Aufenthalt bei *Liebig* für ihn fruchtbar. Er setzte sich später in Rußland vor allem für den praktischen Laboratoriumsunterricht nach dem Vorbild *Liebigs* ein.

A. W. Hofmann erinnerte sich besonders an die „anspruchslose Zurückhaltung und den begeisterten Forscherdrang“ *Sinins*, der in Gießen über Benzoylverbindungen, besonders über die Zersetzungspprodukte des Bittermandelöls, arbeitete, woraus *Sinin* erste veröffentlichte Arbeiten hervorgingen [48; S. 449].

Nach Abschluß seiner Europareise habilitierte sich *Sinin* mit einer Arbeit über die Benzoinkondensation mittels alkoholischer oder wäßriger Kaliumcyanidlösung und wurde 1841 Professor am Lehrstuhl für chemische Technologie in Kasan. Er widmete sich in Kasan der organischen Chemie und untersuchte u. a. die Reduktion organischer Verbindungen, dabei auch die der Nitroverbindungen. Im *Bulletin scientifique* der Petersburger Akademie erschien seine „Beschreibung einiger neuer organischer Ba-



sen“. *Sinin* behandelte darin u. a. „Benzidam“ (Aminobenzol) und „Naphthalidam“ (Naphthylamin), die er durch Reduktion aromatischer Nitroverbindungen mittels Schwefelammonium in alkoholischer Lösung gewonnen hatte. Der Petersburger Chemiker *Fritzsche* stellte Übereinstimmung zwischen seinem „Anilin“ – dargestellt durch Destillation von Indigo – und *Sinins* „Benzidam“ fest. 1843 reihte A. W. *Hofmann* diese Verbindungen nach weiteren vergleichenden Untersuchungen als Anilin in die Systematik der organischen Chemie ein. A. W. *Hofmann* übertrug dann die Methode *Sinins* auf die Methylaminobenzole (Toluidine) und machte sie bekannt. *Sinin* Methode fand weite Verbreitung und wurde eine grundlegende Reaktion für die chemisch-technische Farbstoffherstellung. A. W. *Hofmann* würdigte *Sinin* Entdeckung und führte dazu auf einer Sitzung der Deutschen Chemischen Gesellschaft im Jahre 1880 aus: „... hätte *Sinin* nichts anderes als die Überführung des Nitrobenzols in Anilin gelehrt, sein Name würde mit goldenen Lettern in der Geschichte der Chemie verzeichnet bleiben“ [48; S. 450].

Sinin untersuchte auch die Produkte, die durch alkalische Reduktion des Nitrobenzols entstanden und erschloß dabei das Gebiet der Azoverbindungen.

Er stellte Azoxybenzol, Hydrazobenzol und Azobenzol dar und schuf damit präparative Grundlagen für die Herstellung der Azofarbstoffe. Durch intramolekulare Umlagerung von Hydrazobenzol fand *Sinin* Benzidin und damit einen Ausgangsstoff für substantive Baumwollfarbstoffe, eine bedeutende Gruppe synthetischer organischer Farbstoffe.

In Kasan begründete *Sinin* die klassische Schule der organischen Chemie in Rußland. Bereits als junger Dozent hatte er sich zum Fürsprecher fortschrittlicher Anschauungen in der organischen Chemie gemacht, indem er die Typentheorie von *Gerhardt* und *Laurent* vertrat. Die von seinen Schülern auf dem Gebiet der aliphatischen und zyklaliphatischen Verbindungen durchgeführten Arbeiten werden heute durch die Fortschritte der Petrochemie gebührend gewürdigt.

Während der Jahre 1847 bis 1868 war *Sinin* Inhaber des Lehrstuhls Chemie an der Petersburger medizinisch-chirurgischen Akademie; 1858 wurde er Mitglied der Petersburger Akademie der Wissenschaften.

Porträt Sinins
auf einer Briefmarke
der UdSSR
aus Anlaß
des 150. Geburtstages



Mit der Darstellung des Senföls gelang ihm in der Petersburger Zeit bei Untersuchungen über die Analogie im chemischen Verhalten der Allyl- und Äthylverbindungen eine weitere wichtige Synthese. Auch auf diesem Gebiete berühren sich seine Arbeiten mit denen seines jüngeren Freundes *A. W. Hofmann*.

Ahnlich wie dieser in Deutschland entfaltete *Sinin* in Rußland eine fruchtbare Tätigkeit zum Wohle der chemischen Industrie und deren Verbindung mit der chemischen Wissenschaft. Er war Mitbegründer der Russischen Chemischen Gesellschaft und zehn Jahre ihr Präsident.

Sinin war nicht nur ein hervorragender Chemiker, sondern auch ein ausgezeichneter Mathematiker und Pädagoge. Zu seinen besonderen Anliegen gehörte die Förderung des Frauenstudiums, das in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Rußland viele Fürsprecher fand. Schließlich trat er für eine stärkere Beachtung der Naturwissenschaften innerhalb des Medizinstudiums ein. *Sinin* besaß hervorragende medizinische Kenntnisse – in Berlin hatte er mit dem Physiologen *Johannes Müller* Verbindung aufgenommen – und konnte so die Notwendigkeit einer soliden naturwissenschaftlichen Bildung für das Medizinstudium richtig einschätzen. Unter seinen Schülern und Mitarbeitern waren hervorragende russische Chemiker, so *Beketow* – der Begründer der Aluminothermie –, *Schischkow*, *Borodin* und vor allem *Butlerow*.

Sinin starb am 18. Februar 1880.

Friedlieb Ferdinand Runge

Als *F. F. Runge* 1794 in Billwärder bei Hamburg geboren wurde, bewegten die Ereignisse der französischen Revolution Europa, und auch außerhalb Frankreichs wuchs das Streben des Bürgertums nach ökonomischer und politischer Macht. Mit *Lavoisiers* neuen Vorstellungen über den Verbrennungsprozeß sowie den Arbeiten *Lomonossows* und anderer Chemiker dieser Zeit begann die Entwicklung der Chemie zu einer modernen Wissenschaft.

Als *F. F. Runge*, der in Lübeck Apotheker gelernt hatte, 1816 in Berlin und 1818 in Göttingen Medizin und Naturwissenschaften studierte, spielte die Chemie an den

deutschen Universitäten als selbständige Wissenschaft keine Rolle. An keiner deutschen Hochschule konnte damals ein ordentliches Chemie-Studium absolviert werden. Nur im Ausland, besonders in Paris und Stockholm, aber auch in England, bestanden dazu Möglichkeiten. Für die industrielle Entwicklung in den rückständigen deutschen Ländern hatte sie kaum Bedeutung. Die deutschen Länder waren in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts gegenüber England und Frankreich industriell rückständig, wenn sich auch nach 1800 deutliche Fortschritte in der Entwicklung der Industrie und des Verkehrswesens abzeichneten und chemische Produktionsverfahren, besonders in der Kohlenverarbeitung (Verkokung) und Metallurgie, größere Bedeutung bekamen. Die eigentliche chemische Industrie befand sich aber noch in ihren Anfängen.

Das deutsche Bürgertum begann im 19. Jahrhundert die Bedeutung der Naturwissenschaften für die Entwicklung der Produktivkräfte zu erkennen. Es verstärkte im Verlaufe der Jahrzehnte zunehmend seine Bemühungen und Einflußnahme auf die feudalen Staatsorgane. Nachdem an einigen Universitäten chemische Laboratorien eingerichtet wurden, konnte schließlich 1869 in Berlin das damals größte deutsche Hochschullaboratorium eingeweiht werden.

Runge promovierte in Jena zum Dr. med. et chirurg., 1822 in Berlin zum Dr. phil. und habilitierte sich als Privatdozent.

Sowohl seine Dissertation in Jena über ein physikalisches Thema als auch die zweite in Berlin über Indigo zeigten, daß Naturstoffuntersuchungen zu seinen frühesten Interessen gehörten. Solche Untersuchungen waren typisch für die erste große Entwicklungsetappe der organischen Chemie, in der allgemeine Stoffkenntnisse sowie bestimmtes Tatsachenmaterial über die chemischen Grundlagen des Lebens begründet und erweitert wurden.

Nach 1820 veröffentlichte *Runge* seine „Materialien zur Phytologie“. In diesen kommen, u. a. in Form vitalistischer Auffassungen und seiner anfänglichen Stellung zur experimentellen Methode, Gedanken der von den meisten Naturwissenschaftlern des 19. Jahrhunderts scharf verurteilten romantischen Naturphilosophie zum Ausdruck. *Runge* hatte diese Auffassungen besonders von *Oken* übernommen, den er von Jena



her kannte. In der zweiten Ausgabe des Werkes von 1821 erfährt jedoch die experimentelle Methode seinerseits eine so hohe Wertschätzung, daß sich *F. F. Runge* damit von den meisten Verfechtern dieser damaligen philosophischen Strömung unterscheidet.

In dieser ersten Periode seiner wissenschaftlichen Tätigkeit konnte *Runge* wichtige Untersuchungen durchführen. Er fand bei Untersuchungen über die pupillenerweiternde Wirkung von Bilsenkrautextrakten, die er auf Tollkirsche und Stechapfel ausdehnte, das Hyoscyamin bzw. das Atropin. Noch heute wird Atropin in der Augenheilkunde angewendet. Die Entdeckung der „Kaffeebase“ (Coffein) und der Chinabase (Chinin) sind weitere beachtliche Ergebnisse aus dieser Zeit.

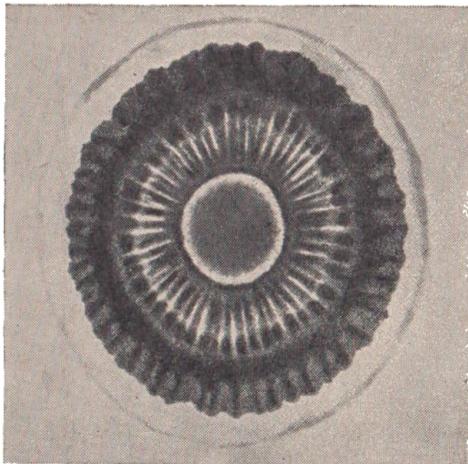
Die Beschäftigung mit Farbstoffen resultiert bis in seine Breslauer Zeit aus diesem Interesse an pflanzlichen Naturstoffen, wie seine Dissertation über Indigo und die Arbeiten über Krapp beweisen.

Obwohl *Runge* eine Stelle als außerordentlicher Professor an der Universität Greifswald in Aussicht gestellt worden war, ging er 1823 nach Breslau als Privatdozent. Die Bekanntschaft mit dem Besitzer einer Kattundruckerei vertiefte sein Interesse für Farbstoffprobleme. Mit dem Sohn des Fabrikanten unternahm er 1824/25 eine für sein weiteres Leben sehr bedeutsame Reise durch Westeuropa nach England und Frankreich.

Eine derartige Reise war damals für junge Wissenschaftler aus Mittel- und Osteuropa zur Vervollkommnung ihrer Kenntnisse unbedingt notwendig. Besonders die fortgeschritteneren gesellschaftlichen Verhältnisse, die sich zum Beispiel in höherer technischer Entwicklung und besseren Bildungseinrichtungen äußerten, und die dadurch hervorgerufene lebendige, aufgeschlossene und der Praxis zugewandten Atmosphäre in den Forschungslaboratorien übten auf *Runge* nachhaltigen Einfluß aus.

In Paris traf er mit *Alexander von Humboldt* und *Justus Liebig* zusammen, mit denen er im gleichen Laboratorium arbeitete. In Holland und England wurde er auf agrikultur-chemische Fragen aufmerksam. Später beschäftigte er sich neben *Liebig* auch mit der Herstellung von Düngemitteln. Ergebnisse seiner präparativen Arbeiten in Frankreich wurden ebenfalls veröffentlicht.

Papierchromatographisches Bild von Runge,
das er 1855 in seinem Werk
„Der Bildungstrieb der Stoffe“ veröffentlichte



Auf Grund der Verhältnisse in Westeuropa, besonders in England und Frankreich, konnte sich *Runge* von der Zurückgebliebenheit Preußens und anderer deutscher Länder überzeugen. Diese Einsichten haben sicherlich das von seinem Lehrer *Oken* übernommene Streben gefördert, die Wissenschaft Chemie und deren praktische Anwendung nach besten Kräften zu unterstützen.

1826 kehrte *Runge* nach Breslau zurück und wurde 1828 als außerordentlicher Professor für technische Chemie berufen. Schließlich siedelte er 1832 oder 1833 endgültig nach Oranienburg über, nachdem er sich bereits seit 1831 in Berlin aufgehalten hatte, um begonnene „phytochemische Arbeiten“ abzuschließen.

Die wirtschaftliche Lage *Runges* als außerordentlicher Professor in Breslau war sehr schwierig. Um seinen Lebensunterhalt bestreiten zu können, war er auch Teilhaber einer Seifensiederei. Sicherlich hatten diese und ähnliche Faktoren großen Einfluß auf seinen Entschluß, die Tätigkeit als Hochschullehrer aufzugeben.

Den wesentlichsten Abschnitt seines Lebens bis zu seinem Tode am 25. März 1867 verbrachte *Runge* in Oranienburg. Während dieser 35 Jahre machte er den Hauptanteil seiner Entdeckungen und veröffentlichte den weitaus größten Teil seiner populärwissenschaftlichen und fachwissenschaftlichen Schriften.

Er war der technische Leiter der Oranienburger Produktenfabrik, einem bedeutenden Betrieb mit einer für die damaligen Verhältnisse erstaunlich vielseitigen Produktion. Dieses Unternehmen war Besitz der preußischen Seehandlung, einem Finanzunternehmen des preußischen Staates. *Runge* hatte hier die vielfältigsten Aufgaben zu erfüllen und verfolgte dabei stets das Ziel, die wissenschaftlichen Grundlagen der Produktionsprozesse zu vervollkommen.

Besonders hervorzuheben sind dabei seine Arbeiten auf dem Gebiet der Destillation von Teer. In Deutschland war diese Arbeitsrichtung viel weniger entwickelt als zum Beispiel in England. Dort war die Verarbeitung von Teer infolge der intensiven Herstellung von Steinkohlenkoks und auch durch die Einführung des Leuchtgases viel früher zu einem dringenden Problem geworden. In Deutschland, auch in Preußen, begegnete man diesen Neuerungen zunächst mit Mißtrauen. Durch den anfänglichen Mangel an Steinkohle fehlte auch die Rohstoffbasis. Deutschland mußte noch



Lorenz Oken, 1779 bis 1851,
Professor in Jena, München und Zürich,
einer der Initiatoren
der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte

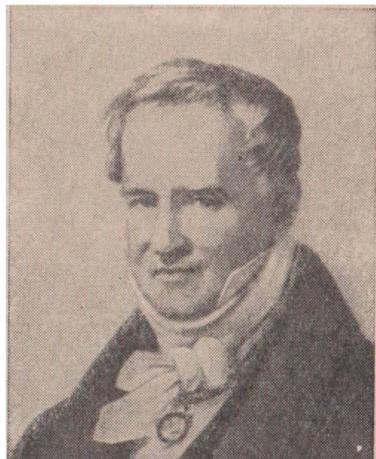
bis weit in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts den Hauptteil der Steinkohle für Dampfschiffahrt und Eisenbahn importieren, weshalb sich auch schon um 1820 Versuche nachweisen lassen, Koks aus der weiter verbreiteten Braunkohle und aus Torf zu gewinnen. Durch vielfältige Arbeiten um 1840 gewann *Runge* den Torftee und isolierte daraus Paraffine. Bei seinen Versuchen über die Destillation von Steinkohlenteer, die er besonders 1833 und 1834 in Oranienburg anstellte, trennte er Gemische ab, die Anilin, Chinolin und Phenol enthielten. Das waren Stoffe, die später für die technische Synthese organischer Farbstoffe größte Bedeutung erlangten. *Runge* hat das Anilin nicht als erster entdeckt. *Unverdorben* und *Fritzsche* hatten vor und mit ihm diesen Stoff aus Indigo gewonnen. Die chemische Synthese gelang später *Sinin*.

Runge gebürt das Verdienst, mit seiner Entdeckung auf den Wert der Kohle hingewiesen zu haben, der immer stärkere Einbeziehung in die chemische Produktion ein Wesenszug der Chemie des späteren 19. und 20. Jahrhunderts war.

*Runge*s Untersuchungsergebnisse stießen anfangs fast ausschließlich auf Widerspruch. Sie wurden aber wiederholt bestätigt, besonders 1843 durch *A. W. Hofmann*, der aber zu diesem Zeitpunkt wenig Interesse an einer industriellen Nutzung zeigte. Auch *Runge*s wiederholte entsprechende Empfehlung fiel bei den zuständigen preußischen Behörden nicht auf fruchtbaren Boden. Als *Hofmann* um 1855 dieses Arbeitsgebiet in England wieder aufgriff, wurde in seinem Laboratorium 1856 durch *Perkin* der erste Anilinfarbstoff entdeckt und unter den ökonomisch günstigen Verhältnissen Englands sofort in größeren Mengen hergestellt. *Runge* selbst hatte bei seinen Experimenten auch Farbstoffe erhalten und besonders auf Porzellanplatten Färbeversuche durchgeführt. Aber erst, nachdem sich auf der Weltausstellung 1862 in London die synthetischen organischen Farbstoffe durchgesetzt hatten, erhielt er späte Anerkennungen und Ehrungen.

Auf dem Gebiet der Farbstoffchemie und Färbereitechnik liegt auch die durch *Runge* eingeführte Sulfonierung von Olivenöl zur Gewinnung von Türkischrotöl. Als Ausgangsstoff wurde Olivenöl später durch Rizinusöl und schließlich durch Fettalkohole verdrängt.

Alexander von Humboldt, 1769 bis 1859,
universeller Gelehrter,
Förderer der Naturwissenschaften
und des wissenschaftlichen Lebens



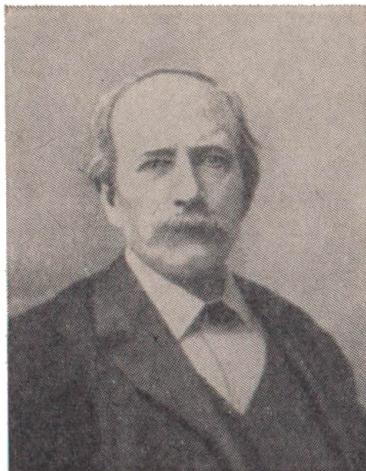
Diese Erfindungen verbinden *Runge*s Farbstoffversuche mit den Arbeiten über Fettverseifung. Aus Palmöl gewann er Stearinsäure (Oktadekansäure) und stellte 1835 die ersten deutschen Stearinkerzen (Palmwachslichte) her.

Weiter hat *Runge* industriell wichtige Verfahren für die Graphitreinigung, Tintenherstellung und besonders auf der Grundlage der Torfverkokung entwickelt, die im Zusammenhang mit Versuchen zur Braunkohlenverkokung betrieben wurde. *Runge* gehört somit zu den ältesten Pionieren dieses heute wichtigen Industriezweiges. Ergebnisse dieser Arbeiten waren die Herstellung von Paraffinkerzen, die erst etwa 20 Jahre später auf Braunkohlenparaffine umgestellt wurde, und der Einsatz von Torfkoks für eine verbesserte Raffination von Rübenzucker.

Außer den bereits erwähnten Veröffentlichungen *Runge*s sind besonders seine mehrbändige „Farbenchemie“ (nach 1834), die „Einleitung in die technische Chemie für Jedermann“ (1836), eines der frühesten Werke deutscher populärwissenschaftlicher Literatur überhaupt, der zweibändige „Grundriß der Chemie“ (1846/47), „Der Deutsche Guano in Oranienburg“ (1858) hervorzuheben. Neben der Guano-Schrift zeugt auch „Das Gift in der deutschen Sprache“, eine Schrift, die dem deutschen Lehrerstand gewidmet ist und gegen die Überfremdung der deutschen Sprache auftritt, von der nationalen Gesinnung *Runge*s.

Dennoch scheint er nie eine Stellung zur politischen Bewegung des fortschrittlichen deutschen Bürgertums um 1848 gefunden zu haben, die seinen Zielen angemessen war. Der Verfall seiner Freundschaft mit *Hoffmann v. Fallersleben* dürfte nur ein Beweis dafür sein.

Dafür, daß *Runge*s Wirken bis fast zu seinem Tode völlig verkannt wurde, darf dieses teilweise Verschließen gegenüber politischen Erfordernissen der Zeit nur als eine Ursache gewertet werden. Die verhältnismäßig schwache industrielle Entwicklung Deutschlands, die geringe Bedeutung der chemischen Wissenschaft für die Industrie spielten dabei eine sehr große Rolle. Hinzu kommt, daß die Gewerbeförderung der preußischen Behörden vor allem von merkantilistischen Überlegungen bestimmt war und wissenschaftliche Entwicklungstendenzen nicht im erforderlichen Maße unterstützt wurden. Gegen *Runge*s Bemühungen, in Deutschland durch die



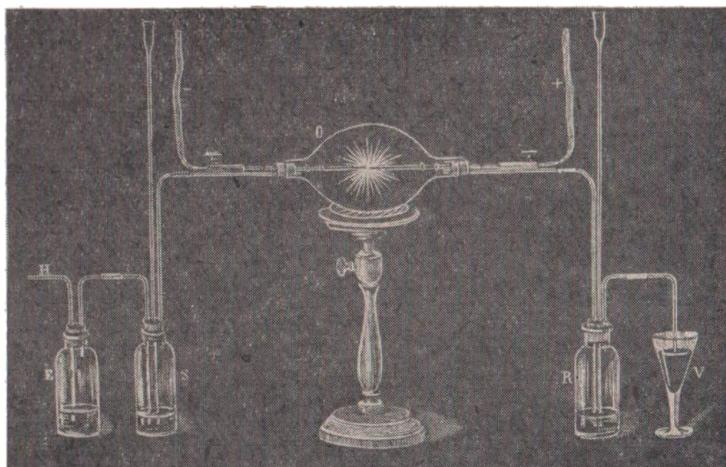
Teerdestillation wichtige industrielle Rohstoffe zu gewinnen, wirkte noch der geringe Teeranfall und damit dessen hoher Preis. Somit fehlte das Fundament eines entsprechenden Industriezweiges, der auch außerhalb Preußens nur wenig verbreitet war. Die deutsche Farbstoffindustrie mußte noch lange nach *Runge*s Tod den größten Teil der Rohprodukte aus England importieren.

Friedlieb Ferdinand Runge war ein hochbegabter Chemiker, ein Beispiel an Fleiß und Besessenheit für seine Wissenschaft, dem die Menschheit zahlreiche bedeutende Entdeckungen verdankt. Seine Fachkollegen errichteten ihm 1872 ein Denkmal, das noch heute in Oranienburg an den „durch seine Arbeiten auf dem Gebiet der Wissenschaft und Industrie rühmlichst bekannten Chemiker“ *F. F. Runge* erinnert [49, S. 325].

Marcelin Berthelot

Die große französische Revolution von 1789 brachte im Gefolge der Emanzipation des Bürgertums auch die Entwicklung kapitalistischer Produktionsverhältnisse, in deren Verlauf die Wissenschaften sich immer stärker zur Produktivkraft entwickelten. Wie in keinem anderen europäischen Lande hat sich in Frankreich der Staat der Förderung der Wissenschaften angenommen, und es entstanden hervorragende Lehr- und Forschungsstätten. Frankreich wurde in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein wissenschaftliches Zentrum in Europa. Junge Naturwissenschaftler aus allen Ländern erwarben sich hier bei berühmten Gelehrten, wie den Chemikern *Gay-Lussac*, *Thénard* und *Wurtz*, dem Physiologen und Pathologen *Bernard* und dem Biologen und Chemiker *Pasteur*, hervorragende Kenntnisse in ihrem Fach und wurden mit den progressiven Ideen der französischen Aufklärung und Revolution vertraut.

Einer der großen Gelehrten, zeitlebens dem Wohle der menschlichen Gesellschaft verpflichtet, war *Marcelin Berthelot*. Er wurde am 27. Oktober 1827 in Paris geboren. Die Tätigkeit seines Vaters, eines Pariser Armenarztes, gestattete ihm Einblick in das Leben des Proletariats, das als aufstrebende Klasse 1848 die Februarrepublik



erkämpft hatte. *Berthelot* sah jedoch nicht die aktive gesellschaftliche Kraft des Proletariats. Er war ein leidenschaftlicher Republikaner und Freidenker, der die wissenschaftlichen und weltanschaulichen Traditionen der französischen Enzyklopädisten fortsetzte und jeglichen Mystizismus, einschließlich der vitalistischen Theorie, konsequent bekämpfte. In seiner skeptischen Einstellung, die nur das Experiment und die Erfahrung gelten ließ, stand er den französischen Positivisten nahe.

Berthelot erwarb sich umfassende Kenntnisse auf dem Gebiet der Chemie. Er trug dazu bei, die organische Chemie zu einer selbständigen Wissenschaft zu machen, forschte auf physikalisch-chemischem Gebiet und arbeitete über die Geschichte der Chemie.

Berthelot studierte zunächst Medizin, angeregt durch die Vorlesungen von *Pelouze* und *Dumas* wechselte er aber dann zur Chemie über. Im Jahre 1850 arbeitete er bei *Pelouze* und wurde 1851 Assistent von *Balard*. Im Jahre 1851 untersuchte er die Synthese organischer Verbindungen aus den Elementen, ein Arbeitsgebiet, durch das sich damals anorganische und organische Chemie allmählich näher kamen. Seine Arbeiten „Über die Verbindungen des Glyzerins mit Säuren und die Synthese der Grundlagen der tierischen Fette“ (1854) und „Über dem Rohrzucker analoge Körper“ (1858) begründeten seinen wissenschaftlichen Ruf als Meister der organischen Synthese. Für letztere Arbeit wurde er zum Apotheker 1. Klasse ernannt.

Im Anschluß an die grundlegenden Erfahrungen, die vor ihm zum Beispiel *Faraday*, *Kolbe* über die Synthese organischer Verbindungen gesammelt hatten, fand er, ausgehend von der Synthese des Grubengases (Methan) im Jahre 1855, industriell verwendbare Synthesen einfacher Kohlenwasserstoffe, zum Beispiel einen neuen Weg zur Darstellung der Essigsäure (Äthansäure) und die Herstellung der Ameisensäure (Methansäure) aus Kohlenmonoxid und Kalziumhydroxid. Außerdem hatte er Anteil an der Entwicklung der Äthanolsynthese auf der Grundlage von Äthen. Die Fettanalysen *Chevreuls* wiesen *Berthelot* auf Ausgangsstoffe für Fettsynthesen hin. Er stellte einige Fette aus Glyzerin (Propantriol) und Monokarbonsäuren dar. Erklärte auch die Dreiwertigkeit des Glyzerins endgültig und erforschte die Esterbildung anderer mehrwertiger Alkohole.



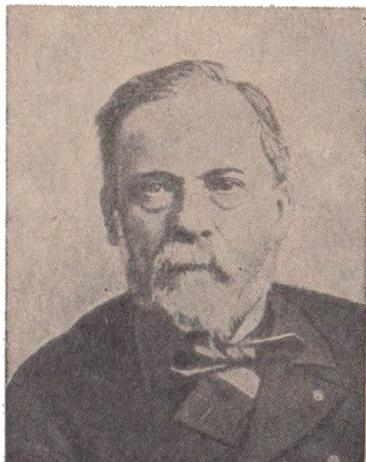
Michel Eugène Chevreul, 1786 bis 1889,
französischer Chemiker.
untersuchte als erster systematisch die Fette

Seine Arbeiten über die Äthinsynthese aus den Elementen prägten seine Grundhaltung zur Strukturtheorie organischer Verbindungen. Nach vielen Versuchen erhielt er Äthin (Azetylen), indem er Wasserstoff in einen Lichtbogen zwischen Kohle-elektroden führte. *Berthelot* untersuchte die chemischen Eigenschaften des Äthins und fand dabei auch, daß es zu Benzol trimerisierte. Dieser experimentelle Befund über das Benzol als Trimeres des Äthins ließ ihn glauben, daß die *Kekulésche Benzolhypothese* entbehrliech sei. Über sie schrieb er: „... Diese Hypothese ... hat das Unangenehme, daß sie in die Wissenschaft gewisse mystische Betrachtungen einführt ... Die spezielle Konstitution des Benzols sowie die Natur und die Anzahl seiner isomeren Derivate kann in einer viel klareren Weise erklärt werden ... Das Benzol ist auf synthetischem Wege durch direkte Vereinigung dreier Moleküle Azylen dargestellt worden, von welchem es als eine experimentell dargestellte polymere Verbindung ist...“ [50; S. 94].

Die Überbewertung experimenteller Ergebnisse führte bei *Berthelot* dazu, daß er in den Fragen der chemischen Theorie eine agnostizistische Stellung bezog. Als absoluter Praktiker lehnte er atomistische Theorien ab und betrachtete gleich seinem deutschen Zeitgenossen *Kolbe* die Strukturtheorie als geistreiche Spekulation. An Stelle der Strukturformeln verwendete er seine eigenen, hypothesefreien genetischen Bindungsgleichungen.

Auf Grund seiner erfolgreichen Arbeiten wollte er eine neue Richtung der organischen Chemie, die der synthetischen organischen Chemie, begründen. Davon zeugt sein Werk „Die organische Chemie auf der Grundlage der Synthese“ (1860). Gegen Ende der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden physikalische Meßmethoden bei der Untersuchung und Klassifizierung chemischer Verbindungen angewendet. Dadurch angeregt, begann Anfang der sechziger Jahre eine neue Phase in *Berthelots* wissenschaftlichen Arbeiten, mit der er die Entdeckung wichtiger physikalisch-chemischer Gesetzmäßigkeiten vorbereitete. Die umfangreiche Arbeit „Untersuchungen über die Affinitäten; Über Bildung und Zersetzung der Äther“, die 1862 erschien, förderte die Entdeckung des Massenwirkungsgesetzes durch *Guldberg* und *Waage* und die späteren Arbeiten über das chemische Gleichgewicht und die Reaktions-

Louis Pasteur, 1822 bis 1895,
französischer Chemiker und Bakteriologe,
gilt als einer der Begründer
der wissenschaftlichen Medizin auf exakten
experimentellen Befunden



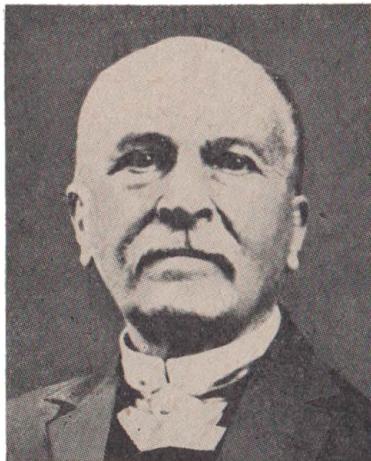
geschwindigkeit. In dem „Essai de Mecanique Chimique“ (1879) erkannte *Berthelot* als erster den Einfluß der Zeit auf den Ablauf chemischer Reaktionen.

Ab 1864 beschäftigte sich *Berthelot* mit der Thermochemie und wollte mit den ihr zugrunde liegenden Gesetzen die Chemie auf dieselben mechanischen Prinzipien zurückführen, „welche die verschiedenen Zweige der Physik beherrschen . . .“ In dem mehrbändigen Werk „Thermochemie“ hat er die Ergebnisse seiner Arbeit zusammengefaßt. Seine thermochemischen Theorien fanden in der Chemie keine nachhaltige Resonanz und sind heute vergessen. *Berthelot* war nicht bekannt, daß bereits 1840 *Hess* seine ersten Wärmesätze aufgestellt hatte, die seine eigenen Feststellungen vorwegnahmen. Der von ihm konstruierte Apparat zur Bestimmung von Reaktionswärmen, die kalorische Bombe, ist jedoch noch heute wissenschaftlich interessant.

Berthelot gehört zu den Chemikern des 19. Jahrhunderts, die durch ihre Arbeiten die Notwendigkeit einer Verselbständigung der physikalischen Chemie als wissenschaftliche Disziplin zeigten. Seine Untersuchungen, zum Beispiel die empirischen Daten über das Verteilungsgleichgewicht einer Flüssigkeit in zwei anderen untereinander nicht mischbaren Flüssigkeiten, wurden später aufgegriffen und von *Nernst* theoretisch begründet. Seine Arbeiten über Explosivstoffe und den Ablauf von Explosionen, eine praktische Anwendung seiner thermochemischen Untersuchungen, dienten militärischen Zwecken und der Herstellung bergbaulicher Sprengstoffe.

Von 1885 bis 1907 arbeitete *Berthelot* auf den verschiedensten Gebieten der Chemie. Er beschäftigte sich besonders mit Problemen der physiologischen Chemie und der Agrochemie. Die physiologisch-chemischen Arbeiten schloß er an seine thermochemischen Untersuchungen an. Die Arbeiten zur Agrochemie, die sich vor allem mit der Rolle der Mikroorganismen im Boden befaßten, sind mehr eine Bestätigung bereits bekannter Tatsachen durch eigene Untersuchungen. *Berthelot* wies nach, daß er unbepflanzte Boden bei Gegenwart von Mikroorganismen freien Stickstoff aufnimmt.

In seinen letzten Lebensjahren mußte *Berthelot* die Laboratoriumsarbeit zunehmend einschränken. Er widmete sich dann vorzugsweise chemiehistorischen Studien und verfaßte Schriften über die Anfänge der Chemie, zum Beispiel „Der Ursprung der Alchimie“ und über die Alchimie in Griechenland und im Mittelalter.



Paul Sabatier, 1854 bis 1941,
erhielt gemeinsam mit Senderens
1912 den Nobelpreis für Chemie
für seine Arbeiten zur heterogenen Katalyse

Berthelot gehörte zu den politisch aufgeschlossenen Angehörigen des französischen Bürgertums. Während der 3. Republik nahm er aktiv am politischen Leben Frankreichs teil, 1881 wurde er Senator auf Lebenszeit und von 1886 bis 1887 war er Unterrichtsminister. In dieser Stellung wollte er das höhere Schulwesen neu ordnen, wobei die naturwissenschaftliche Bildung stärker beachtet werden sollte. Als gegen Ende des 19. Jahrhunderts imperialistische Bestrebungen um die Neuauflteilung der Welt und militärische Abenteuer die weltpolitische Lage kennzeichneten, wirkte *Berthelot* kurze Zeit als französischer Außenminister. Er setzte sich für ein vernünftiges Zusammenleben der Völker ein und forderte an Stelle einer abenteuerlichen Diplomatie und primitiver Schlagworte eine aktive Friedenspolitik und gemeinsame Verhandlungen der Völker. *Berthelot* ist ein Initiator der Haager Konferenz.

Berthelot wurde in der ganzen Welt geehrt. Seit dem Jahre 1873 war er Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften und später deren ständiger Sekretär. Als erste ausländische Akademie ernannte die bayrische Akademie auf Vorschlag Liebigs *Berthelot* zu ihrem Mitglied, der Deutschen Chemischen Gesellschaft gehörte er seit 1894 als Ehrenmitglied an, und 1900 wurde er in die Académie française berufen. Ebenfalls seit 1900 war er Ehrenmitglied der Französischen Chemischen Gesellschaft. Sein 50jähriges Doktorjubiläum war ein Festtag nicht nur der französischen, sondern der internationalen Chemie, die ihre hervorragendsten Vertreter zu den Festlichkeiten entsandt hatte. *Emil Fischer* nannte ihn zu diesem Anlaß den einzigen Chemiker, der noch die ganze Chemie beherrschte.

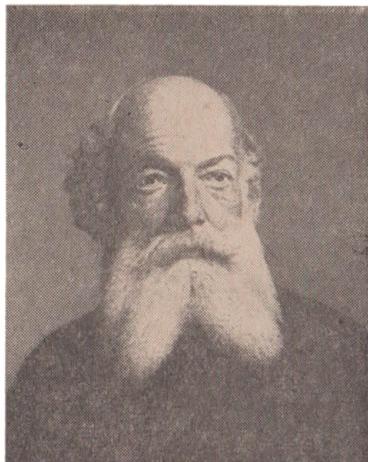
Berthelot war einer der markantesten Vertreter der Chemie im 19. Jahrhundert. In der Vielseitigkeit seines Schaffens liegt wohl auch der Grund, daß ein großer Teil seiner Arbeiten nicht bis ins letzte durchdacht waren und bald von besseren Ergebnissen überholt wurden. Als Lehrer hat *Berthelot* hervorragende Vertreter der französischen Chemie als Schüler gehabt, so den späteren Nobelpreisträger *Sabatier*. Die besondere Situation am Collège de France erlaubte es ihm, seine Schüler individuell auszuwählen und nur besonders befähigte Chemiker in seinem Labor arbeiten zu lassen. *Berthelot* starb am 27. März 1907. Seine sterblichen Überreste wurden im Pantheon an der Seite hervorragender französischer Persönlichkeiten beigesetzt.

August Kekulé

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts setzten sich auch in Deutschland die kapitalistischen Produktionsverhältnisse stärker durch. In der Industrie entstanden Großbetriebe, die über die damals modernste Technologie verfügten. In einem Zeitraum von einigen Jahrzehnten wurde die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie in einigen wesentlichen Zweigen größer als die der englischen, die bis dahin in Europa führend war. Während es in Deutschland in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nur kleinere chemische Fabriken gab, die meist viele Produkte herstellten, entstanden in den ersten Jahrzehnten der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts größere und modernere chemische Betriebe, die sich auf eine geringe Anzahl verschiedenartiger Produkte spezialisierten. Neben der Düngemittel- und Sprengstoffindustrie entwickelte sich besonders die Teerfarbenindustrie, die der chemischen Forschung bedurfte. Die Anzahl der bekannten organischen Verbindungen nahm sprunghaft zu; im Jahre 1865 waren es etwa 3000, im Jahre 1880 dagegen rund 15 000. Somit war die Zeit gekommen, in der begonnen werden mußte, die theoretischen Grundlagen der organischen Chemie zu schaffen. Hervorragenden Anteil daran hatte *August Kekulé (von Stradonitz)*.

Wie viele andere, später berühmte Chemiker seiner Zeit wollte auch *August Kekulé* ursprünglich einen ganz anderen Beruf ergreifen, er wollte Architekt werden. Am 7. September 1829 in Darmstadt geboren, bezog der Beamtensohn die Universität seines Landes in Gießen und hörte dort aus Interesse die Vorlesungen *Liebigs*. Sie fesselten ihn so sehr, daß er schließlich im Jahre 1849 bei *Liebig* sein Chemiestudium begann. Seine Eltern stimmten erst nach längeren Auseinandersetzungen diesem Studium zu – ein Ausdruck des damals noch geringen Ansehens der Chemie an den deutschen Universitäten und in der deutschen Industrie.

Kekulé studierte mit großem Fleiß. Während vieler Jahre reichten ihm vier und selbst drei Stunden Schlaf. „Eine bei den Büchern durchwachte Nacht wurde nicht gerechnet, nur wenn zwei oder drei aufeinander folgten, glaubte ich mir ein Verdienst erworben zu haben“ [48; S. 1308]. Sein Fleiß paarte sich mit einem großartigen Talent für wissenschaftliche Kombinationen. Die rasche Entwicklung von Produktion und Chemie drängte auf eine theoretische Durchdringung chemischer Sachverhalte.



August Kekulé
1829 bis 1896

Kekulé wurde zu einem der bedeutendsten Theoretiker der klassischen organischen Chemie.

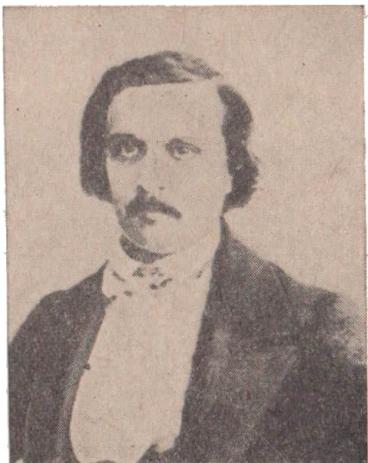
Dem Studium bei *Liebig* schloß sich ein längerer Aufenthalt in Paris an, wo *Kekulé* bis 1852 bei *Dumas*, *Wurtz* und *Gerhardt* studierte. In Paris, dem damaligen wissenschaftlichen Zentrum, wurde besonders sein Interesse für Probleme der Konstitution organischer Verbindungen geweckt.

Nach der Promotion ermöglichte *Liebig* seinem Schüler einen Aufenthalt in England, der seine Neigung zur Beschäftigung mit Konstitutionsfragen noch verstärkte. *Kekulé* wurde in England mit Chemikern bekannt, die ebenfalls auf diesem Gebiet arbeiteten. Diesen Einfluß hat *Kekulé* selbst anerkannt. In einer Schrift gegen *Kolbe*, mit dem er häufig Kontroversen hatte, stellte er fest, daß die Valenztheorie sowohl auf der Typentheorie von *Dumas* und *Gerhardt*, welche die Systematisierung organischer Verbindungen auf gewisse Grundtypen wie Wasser, Ammoniak usw. zurückführte, als auch auf den Arbeiten von *Williamson* und *Odling* beruhe, die dazu wesentliches Material geliefert hatten.

Kekulé erweiterte mit seinen Arbeiten zunächst die Typentheorie, indem er den Typus Methan als Grundlage zahlreicher organischer Verbindungen hinzufügte. Er war sich aber auch ihrer Unzulänglichkeiten bewußt, besonders in Hinsicht auf die Isomerie und die Radikale. *Frankland* und *Kolbe* müssen zu denen gezählt werden, auf deren Arbeiten *Kekulés* Hauptgedanken aufbauten.

In *Liebigs Annalen* (1857) und in seinem berühmten Lehrbuch (1859) über die organische Chemie sprach *Kekulé*, der sich 1856 in Heidelberg als Privatdozent habilitiert hatte, klar den Gedanken der Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms aus. Diesem Prioritätsanspruch *Kekulés* trat besonders *Kolbe* immer wieder entgegen, der sich selbst und *Frankland* dieses Verdienst zuschrieb. Der Gedanke, daß die Atome jedes Elementes eine bestimmte Sättigungskapazität oder „Atomigkeit“ besitzen – später durch *Wichelhaus* „Valenz“ genannt –, hatte schon einige Jahre vor *Kekulés* Arbeit (1858) im Bereich der metallorganischen Verbindungen durch *E. Frankland* (1853) seinen festen Platz erhalten. *Kekulé* übertrug ihn auf den Kohlenstoff und verband ihn mit der Auffassung, daß sich die Kohlenstoffatome unter Sättigung von

Charles Gerhardt, 1816 bis 1856,
französischer Chemiker,
erkannte die Bedeutung
der homologen Reihen der Kohlenwasserstoffe
und begründete die Typentheorie



zunächst je einer „Verwandtschaftseinheit“ zu Ketten aneinanderlagern. Diese mechanistische Lehre von der Verkettung der Atome in den Molekülen bildete eine Grundlage der chemischen Strukturtheorie.

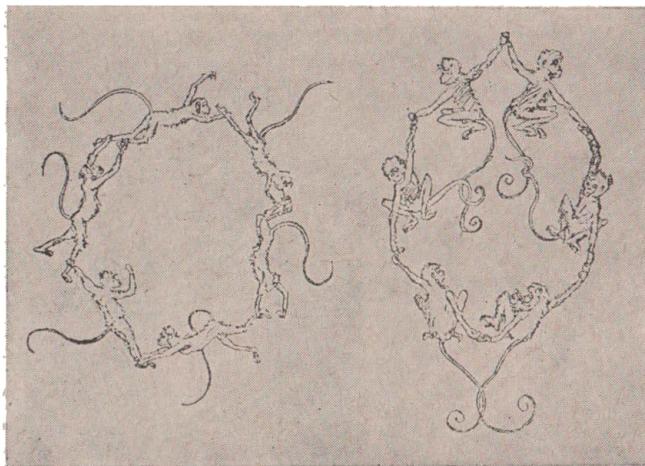
Kekulé zog auch für Verbindungen mit mehreren Kohlenstoffatomen die Möglichkeit einer „dichteren Aneinanderlagerung der Kohlenstoffatome“ in Betracht [51; S. 155]. In bezug auf ungesättigte Verbindungen entschied sich jedoch die Mehrheit der Wissenschaftler für die von *Erlenmeyer* (1862) entwickelten Gedanken der Mehrfachbindungen, an deren Bildung, unter Aufrechterhaltung der konstanten Vierwertigkeit des Kohlenstoffs, mehrere Verwandtschaftseinheiten je Kohlenstoffatom beteiligt sein sollten.

Diese Vorstellungen betrachtete *Kekulé* anfangs mehr als eine Arbeitshypothese, die in der Lage sei, bestimmte Erscheinungen zu erklären und für die Forschung fruchtbar werden könne. Er vertrat die Auffassung, daß nur mit Hilfe von Analyse, Synthese und chemischen Umwandlungen, also den Mitteln, die dem Chemiker damals zur Verfügung standen, kein vollständiges Bild vom Bau der Moleküle gewonnen werden kann. Zur genaueren Darstellung der erkannten Sachverhalte forderte er außerdem räumlich wirkende Formeln und Modelle. Durch die ursprüngliche Annahme fester Valenzen für die Elemente geriet er jedoch zu Tatsachen in Widerspruch und setzte seine Lehren teilweise heftiger Kritik aus.

Im Jahre 1858 wurde *Kekulé* Professor der Chemie in Gent. Auf Grund einer Empfehlung *Liebigs* verließ er gern sein außerordentlich primitives Laboratorium in Heidelberg.

In Gent begründete *Kekulé* im Jahre 1865 die Benzolhypothese. Durch die Synthese der Teerfarbstoffe, die um diese Zeit in großem Maße einsetzte, waren die Chemiker gezwungen, sich genauere Vorstellungen über den Aufbau bestimmter Ausgangsstoffe zu verschaffen, um von Zufallserfolgen zu planmäßigen Arbeiten fortschreiten zu können. Dieses praktische Bedürfnis trug dazu bei, daß zu dieser Zeit Probleme der Konstitution immer wieder im Vordergrund standen.

Kekulé vereinte in der Benzolhypothese seine Vorstellungen von der Verkettung der Kohlenstoffatome mit *Erlenmeyers* Lehre von den Mehrfachbindungen und kam



zum Wechsel von Einfach- und Doppelbindung. Auch hier hatte *Kekulé* in *Loschmidt* einen Vorläufer, der kurz vorher ähnlich anschauliche Strukturformeln veröffentlicht hatte.

Nie hat *Kekulé* geleugnet, daß seine Ansichten auf Gedanken und Erkenntnissen anderer Wissenschaftler fußten. Er wandte sich gegen die Ansicht, daß „... die Benzoltheorie wie ein Meteor am Himmel erschienen...“ sei und erklärte: „Etwas absolut Neues ist noch niemals gedacht worden, sicher nicht in der Chemie, ... keine Wissenschaft hat sich so stetig entwickelt wie die Chemie...“ [48; S. 1304].

August Kekulé veröffentlichte seine Benzolhypothese zunächst im Jahre 1865 in Paris, ein Jahr später in *Liebigs Annalen*. Obwohl sie sofort auf Widerspruch stieß, drang sie doch schnell in die chemische Wissenschaft und Praxis ein. *Kekulé* selbst bemühte sich, aufgetretene Strukturfragen der „aromatischen“ Verbindungen zu klären, bearbeitete Isomeriefälle bei mehrfacher Substitution und untersuchte auch den Unterschied zwischen der Substitution am Kern und an der Seitenkette. Um die dabei gewonnenen Ergebnisse erklären zu können, entwickelte *Kekulé* 1872 die Oszillationshypothese. Diese Hypothese besagt, daß ein dauernder Platzwechsel zwischen den einfachen und doppelten Bindungen im Benzolring stattfinden muß. Verschiedene Versuche anderer Chemiker, zum Beispiel *Ladenburgs* und *Claus'*, festgestellte Unzulänglichkeiten durch neue Benzolformeln zu überwinden, bleiben ohne Erfolg. Erst in neuerer Zeit konnten viele Probleme der Benzolformel auf der Grundlage der Elektronentheorie der chemischen Bindung gelöst werden.

Viele berühmte Chemiker dieser Zeit äußerten sich sofort, andere erst im Verlaufe der Jahre begeistert über die Benzolhypothese *Kekulés*, weil sie anregend auf die Forschung wirkte, die Möglichkeit bot, die Systematik der organischen Chemie zu festigen und zu erweitern. Schließlich leistete diese Hypothese auch gute Dienste, um praktische Probleme der chemischen Industrie, besonders bei der Herstellung synthetischer Farbstoffe, zu lösen. Hierin zeigt sich, neben vielen anderen Beispielen, wie die chemische Wissenschaft zur Produktivkraft wurde.

Die Benzolhypothese erschöpfte aber *Kekulés* theoretisches Werk nicht. Im Jahre 1867 veröffentlichte er seine Vorstellungen von der räumlichen Anordnung der Atome



im Molekül und legte dar, daß die Valenzen eines Kohlenstoffatoms nicht in einer Ebene liegen können. Vielmehr müssen sie so gedacht werden, daß „sie in der Richtung hexaedrischer Achsen so von der Atomkugel auslaufen . . ., daß sie in Tetraederebenen endigen“ [52; S. 218].

Damit war der Weg zur Entstehung einer weiteren Grundvorstellung der modernen organischen Chemie beschritten. *Kekulé* Schüler *van't Hoff* und von ihm unabhängig auch *Le Bel* entwickelten 1874 daraus das noch heute gültige Tetraedermodell des Methans.

Von seinen Schülern und Zeitgenossen liegen über *Kekulé*s Tätigkeit als Hochschullehrer zahlreiche Zeugnisse vor, die ihn als bedeutende Persönlichkeit schildern, die nachhaltige Eindrücke hinterließ. Während seiner Tätigkeit an der Universität in Bonn bekleidete *Kekulé* auch das Amt des Rektors. Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang zwei Rektoratsreden, in denen er seine Auffassungen über Bedeutung und Ziele der Naturwissenschaften darlegte. 1877 beschäftigte er sich mit dem Thema „Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie“ und erklärte die Erforschung der Materie als Aufgabe der Naturwissenschaft. Die Mechanik erschien ihm als Grundwissenschaft der Physik und Chemie. Damit gehörte er zu den Wissenschaftlern in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, die nach Beziehungen zwischen den einzelnen Naturwissenschaften suchten. *Kekulé*s Gedanken, die er hierzu äußerte, würdigte *Friedrich Engels*, als er sich bei seinen Arbeiten zur „Dialektik der Natur“ mit der Klassifizierung der Wissenschaften beschäftigte [5; S. 267 ··· 273].

*Kekulé*s Blick für wissenschaftliche Zusammenhänge zeigte sich auch in einer materialistischen Einschätzung der gefundenen Synthesen organischer Verbindungen, die dem Vitalismus widerspricht. In seinem mehrbändigen Lehrbuch der Chemie der Kohlenstoffverbindungen, das in mehreren Auflagen erschien, schrieb er dazu: „Wir sind also zu der Überzeugung gelangt, daß die chemischen Verbindungen des Pflanzen- und Tierreichs dieselben Elemente enthalten wie die Körper der leblosen Natur; wir haben die Überzeugung, daß in ihnen die Elemente denselben Gesetzen folgen; daß also weder in dem Stoff noch in den Kräften und ebensowenig in der Anzahl oder in der Art der Gruppierung der Atome ein Unterschied besteht zwischen den

Grubengas.



Methylchlorid.



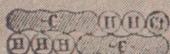
Phosengas.



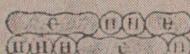
Kohlensäure.



Aethylchlorid.



Alkohol.



Essigsäure.



Amicensäure-
methyläther.



Cyansäure-
methyläther.



Cyannethyl.



organischen und den unorganischen Verbindungen“ [53; S.10]. Er bezeichnete *Demokrits* Lehre als Ausgangspunkt der wissenschaftlichen Naturbetrachtung und vertrat die Ansicht, daß der Begriff des chemischen Atoms dauerhaft sein werde, auch wenn der Nachweis geliefert werden sollte, daß die Atome aus kleineren Teilchen aufgebaut sind. Auch hierin ist *Kekulé*s materialistische Grundauffassung deutlich erkennbar. In seiner zweiten Rektoratsrede (1878) über „Die Prinzipien des höheren Unterrichts und Reform der Gymnasien“ forderte *Kekulé* wie auch andere Zeitgenossen eine Einheitsschule, die „die Vorbildung zum akademischen Hochschulunterricht jeder Art“ zu vermitteln habe [54; S. 917 ff.]. Die Entwicklung von Realschulen neben Gymnasien sei notwendig geworden, weil diese den Anforderungen der Naturwissenschaften nicht mehr genügen.

Über den Charakter des Unterrichts vertrat *Kekulé*, der die Bedeutung geistiger Bildung für die Entwicklung der Produktion gut kannte, recht modern anmutende Ansichten. Er forderte vom Unterricht Schulung des Geistes, das Erwecken und Heranbilden der geistigen Fähigkeiten und die Entwicklung von „an sich“ nützlichen Kenntnissen. In den früheren Lebensjahren sollten die Lehrgegenstände zur Schulung des Geistes überwiegen, ... „während in den späteren auf die an sich nützlichen und für den speziellen Beruf notwendigen Kenntnisse mehr... Wert zu legen ist“ [54; S. 917 ff.].

Als Professor der Chemie in Bonn setzte *Kekulé* zunächst seine Lehr- und Forschungsarbeit im großen Stil fort, aber er hatte den Höhepunkt seines Schaffens erreicht. Seine Gesundheit war gebrochen. Zu Leistungen, die Aufsehen in der wissenschaftlichen Welt erregten, brachte er es nicht mehr. Sein Lebenswerk war aber bereits so bemerkenswert, daß er nicht in Vergessenheit geraten konnte. Bedeutende Schüler, zum Beispiel *Adolf v. Baeyer*, setzten sein Werk fort. *August Kekulé*, ein Klassiker der organischen Chemie, starb am 13. Juli 1896.

Alexander Michailowitsch Butlerow

Die heutigen Anschauungen über die Struktur organischer Verbindungen – überhaupt die Einführung des Begriffes Struktur – gehen wesentlich auf die Untersuchungen des russischen Chemikers *A. M. Butlerow* zurück. Neben dieser grundsätzlichen Bedeutung seiner Arbeiten sind auch seine Leistungen für die Entwicklung der Chemie im zaristischen Rußland besonders hervorzuheben. Er hat die von seinem Lehrer *Sinin* begründete russische Schule der organischen Chemie nach allen Seiten hin ausgebaut und deren internationalen Ruf gefestigt.

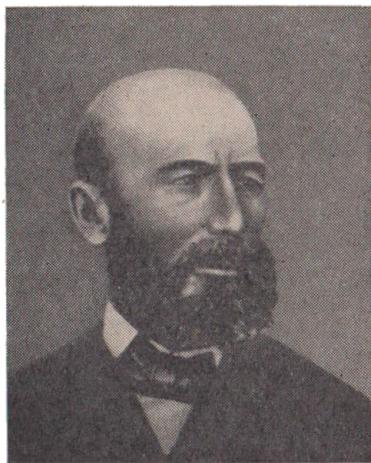
Alexander Michailowitsch Butlerow wurde am 25. August 1828 in Tschistopol im Gouvernement Kasan geboren. Frühzeitig begann er sich für die Naturwissenschaften zu interessieren und trat bereits 16jährig in die Universität Kasan ein, wo er an der mathematisch-physikalischen Abteilung der philosophischen Fakultät sein Studium aufnahm.

Die Universität Kasan war zu jener Zeit ein Zentrum der naturwissenschaftlichen Forschung und Lehre in Rußland. Über die Grenzen Rußlands hinaus waren die an der Universität lehrenden Chemiker und Mathematiker bekannt.

Bald wurde die besondere Begabung des jungen Studenten für die Chemie offenkundig, und seine Lehrer *Klaus* und *Sinin* gaben ihm die Möglichkeit, seine Kenntnisse auf diesem Gebiet zu vertiefen, wobei sie besonderen Wert auf die Ausbildung in präparativer organischer Chemie legten.

Im Jahre 1849 schloß *Butlerow* sein Studium ab und wurde 1850 in den Vorbereitungsdienst für das akademische Lehramt aufgenommen. 1857 wurde er ordentlicher Professor für Chemie an der Universität Kasan, an der er bis 1868 lehrte. Entsprechend den Gepflogenheiten an den damaligen russischen Universitäten wurde *Butlerow* mehrfach auf Reisen ins Ausland beordert. Während der zweiten Reise 1861 besuchte er in Speyer die Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte und hielt auf diesem Kongreß seinen berühmten Vortrag „Einiges über die chemische Struktur der Körper“, in dem er die Grundzüge seiner Theorie der Struktur organischer Verbindungen darlegte.

Während seiner Tätigkeit in Kasan von 1861 bis 1868 führte er die hauptsächlichen experimentellen Arbeiten zur Stützung seiner Strukturtheorie durch. In dieser Zeit



erschien sein Lehrbuch „Einführung in das vollständige Studium der organischen Chemie“, das bereits 1868 in deutscher Übersetzung vorlag. Die deutsche Auflage dieses Lehrbuches unterstreicht die große Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeiten Butlerows für die Entwicklung der organischen Chemie und für die Ausbildung angehender Chemiker.

Im Jahre 1869 trat er in Petersburg die Nachfolge des *Liebigschülers Woskressenski* an. In Kasan führten seine Schüler *A. M. Saizew*, *A. N. Popow* und – als bekanntester unter diesen – *W. W. Markownikow* seine Arbeiten fort.

In Petersburg widmete sich *Butlerow* speziellen Untersuchungen auf dem Gebiet der organischen Chemie und 1874 wurde er ordentliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften.

Nicht nur Studenten, sondern auch eine große Anzahl von Professoren hörten seine Vorlesungen in oft überfüllten Hörsälen. 1886 schied *Butlerow* aus dem akademischen Lehramt aus. Er verstarb noch im gleichen Jahre am 5. August auf seinem Landgut *Butlerowka* in der Nähe von Kasan.

Als *Butlerow* in Petersburg arbeitete, war die organische Chemie bereits eine selbstständig Disziplin der Chemie geworden. Berühmte Chemiker, wie *Kekulé*, *Erlenmeyer*, *Kolbe*, *A. W. Hofmann* u. a. in Deutschland, und *Markownikow*, *Fritzsche* und der Chemiker und später berühmte Komponist *A. Borodin* lehrten dieses Fachgebiet an den russischen Universitäten und Hochschulen und entwickelten die organische Chemie weiter.

Butlerows wissenschaftliche Tätigkeit lag in der Zeit einer raschen Entwicklung von Wissenschaft und Technik und gleichzeitig in der bürgerlich-demokratischen Etappe der Befreiungsbewegung in Rußland. Der Beginn der kapitalistischen Produktionsweise – gefördert durch das Einströmen ausländischen Kapitals – wurde durch die Krise des feudalistischen Systems ausgelöst, in deren Verlauf schließlich 1861 in Rußland die Leibeigenschaft aufgehoben wurde.

Die ehemaligen Leibeigenen zogen in die Städte, um in den neuen Fabriken Arbeit zu suchen. Mit dem Beginn der kapitalistischen Produktion, die sich auf die Maschinentechnik gründete, entstanden für die russische Intelligenz umfangreiche Auf-

gaben hinsichtlich der Vermittlung technischer und naturwissenschaftlicher Kenntnisse an breite Kreise des russischen Volkes.

Auch *Butlerows* besonderes Interesse galt der Hebung des Bildungsstandes der russischen Bevölkerung, vor allem der gleichberechtigten Zulassung der Frauen zum Hochschulstudium und der Vermittlung wissenschaftlicher Kenntnisse an die große Masse der Bevölkerung. *Butlerow* leistete Hervorragendes für die Überwindung hemmender Zustände an den russischen Hochschulen. Als Rektor der Universität Kasan, als Akademiemitglied und Mitbegründer der Russischen Chemischen Gesellschaft, deren Präsident er zeitweilig war, hat *Butlerow* viel für die Entwicklung der Wissenschaften in Rußland getan und seine Stimme immer gegen die Einengung der wissenschaftlichen Arbeit durch reaktionäre Kräfte erhoben.

Den naturwissenschaftlichen Unterricht, besonders die Ausbildung zukünftiger Chemiker, organisierte er nach den Erfahrungen, die er auf seinen Reisen nach Deutschland und Frankreich gesammelt hatte, wo er die Laboratorien von *Mitscherlich*, *Bunsen*, *Kolbe* und *Wöhler* in Deutschland und das von *Wurtz* in Paris kennlernte. Mit allen diesen Chemikern unterhielt er freundschaftliche Beziehungen.

Butlerows Arbeiten zur Strukturtheorie wurden ebenso sehr wie die *Coupers*, *Kekulés*, *Kolbes*, *Sinins* und anderer Chemiker notwendig, um die in der Entwicklung der organischen Chemie empirisch gefundenen Tatsachen theoretisch zu verallgemeinern und wissenschaftlich zu erklären. Unter seinen Zeitgenossen bleibt ihm das Verdienst, die reale Existenz der Atome und die Erkennbarkeit der inneren Struktur der chemischen Moleküle als erster ausgesprochen zu haben.

In seinem in Speyer gehaltenen Vortrag führte *Butlerow* aus, daß „die chemischen Eigenschaften eines Körpers durch den chemischen Zusammenhang der ihn konstituierenden Elemente bedingt werden. Von der Annahme ausgehend, daß einem jeden chemischen Atom nur eine bestimmte und beschränkte Menge der chemischen Kraft (Affinität), mit welcher es an der Bildung eines Körpers teilnimmt, innewohnt, möchte ich diesen chemischen Zusammenhang, oder die Art und Weise der gegenseitigen Bindung der Atome in einem zusammengesetzten Körper mit dem Namen der chemischen Struktur bezeichnen . . .“ [55; S. 41 · · · 43].



Alexander A. Woskressenski, 1809 bis 1880,
russischer Chemiker,
Professor für Chemie in Petersburg

Mit diesen Ausführungen gab *Butlerow* die erste wissenschaftliche Definition des Begriffes chemische Struktur. Der Leitsatz seiner Theorie war: „Die chemische Natur des zusammengesetzten Teilchens wird durch die Natur der elementaren Bestandteile, durch deren Menge und chemische Struktur bestimmt“ [56; S. 72]. Darin zeigt sich besonders deutlich, daß *Butlerow* in seiner wissenschaftlichen Arbeit eine spontan dialektisch-materialistische Auffassung bezog. Dieser Standpunkt war für die fortschrittliche Intelligenz im damaligen Rußland typisch. *Butlerows* Arbeiten widerlegten agnostizistische Auffassungen, die in der Chemie in Form der „Typentheorie“ auftraten. Nach dieser Theorie läßt sich der Molekülaufbau grundsätzlich nicht erkennen.

Im Gegensatz zu den Anhängern *Butlerows*, z. B. *Markownikow* in Rußland und *Erlenmeyer sen.* in Deutschland, verhielt sich *Kekulé* zunächst gegenüber *Butlerows* Lehre ablehnend. Bis zum Jahre 1864 verwendete *Kekulé* noch Typenformeln und verstand schließlich, nachdem er und seine Schüler endgültig mit der Typentheorie gebrochen hatten, unter der chemischen Strukturlehre nur die Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms und die Verkettungsweise dieser Atome untereinander. Diese Auffassung der Strukturlehre führte bei *Kekulé* noch 1865 und 1866 zu der falschen Auffassung, es gäbe drei isomere Propanole. Als dann *Markownikow* im Jahre 1865 eine scharfe Kritik an *Kekulés* Lehrbuch veröffentlichte, verschlechterten sich die Beziehungen zwischen den beiden bedeutenden Schulen. Wenn *Butlerow* auch in einigen Punkten noch an alten Anschauungen festhielt, zum Beispiel der wechselnden Sättigungskapazität vieler Elemente, so hat er doch erklärt, daß jeder Verbindung nur eine einzige Formel zukommen kann, die ihrer Struktur entspricht. Durch die *Butlerowsche* Strukturtheorie wurde zugleich die bereits entdeckte Isomerie erklärt und die Tautomerie beschrieben.

Butlerow bezog zwar in der Chemie einen spontan materialistischen Standpunkt, war aber außerhalb seiner Wissenschaft ein Idealist, der sogar dem Spiritismus huldigte. Sein Vorhaben, den Spiritismus naturwissenschaftlich zu stützen, bekämpfte *Mendelejew* und *Friedrich Engels* kritisierte es in seinem Artikel „Die Naturforschung in der Geisterwelt“ [5; S. 40 . . . 52].

Lehrer Professor Butlerow

*Um einigen Elbogen bald
wiederholt aufzuhören kann
zu füllen für organische Chemie
ausgeführt werden, für die Ihnen
hinnahme wolle. Ich habe
für Ihnen ab jetzt nachzugehen
vorzusehen, so wie es Ihnen
Sich auf ganz besondere
Untersuchungen erlaubt ist, wenn
ein solches wünschenswertes
Mittlere vorzügliches
Vorwissen —
H. Schorlemmer*

Butlerow war ein hervorragender Experimentator. Eine Anzahl organischer Verbindungen stellte er erstmalig her und entwickelte einige Synthesen. Im Jahre 1858 stellte er Dijodmethan her, das er für Synthesen verwendete. Ein Jahr darauf gelang ihm die Darstellung des Äthansäureesters, des Methandiols aus Monojodmethan und Silberäthanat. Bei dem Versuch, freies Methandiol zu erhalten, gelangte er zum Paraformaldehyd. Durch Einwirkung von Ammoniak auf diesen Stoff erhielt **Butlerow** im Jahre 1860 eine Verbindung, die er Hexamethylentetramin nannte und die bald unter dem Gebrauchsnamen Urotropin in der Medizin verwendet wurde.

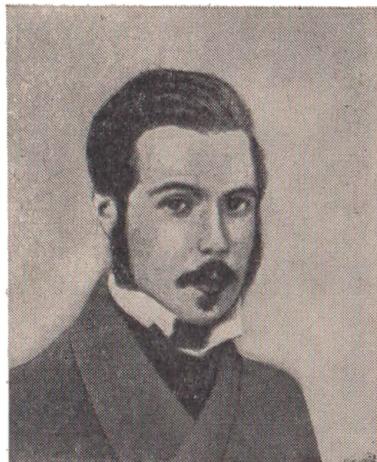
Seine bedeutendste Synthese war 1861 die Darstellung einer zuckerähnlichen Verbindung aus Kalziumhydroxidlösung und Paraformaldehyd, die er Methylenitan nannte. Mit dieser Synthese hatte **Butlerow** die von Adolf v. Baeyer entwickelte Ansicht, daß durch Reduktion aus Kohlensäure Methanal entstehe, das dann durch Kondensation Kohlenhydrate liefern müsse, bestätigt. Er hat mit seinen Arbeiten den Weg gezeigt, der in den Pflanzen zur Bildung komplizierter Verbindungen aus Kohlendioxid und Wasser führt, und gleichzeitig dazu beigetragen, daß die idealistische Lehre von der Lebenskraft widerlegt wurde.

Seine Synthesen der Trimethylessigsäure (Dimethylpropansäure) des Diisobutylen (2,4,4,-Trimethylpenten-(1)) und die Erforschung der Pinakolinumlagerung gehören zu den hervorragendsten Leistungen auf dem Gebiete der Chemie der kettenförmigen organischen Verbindungen.

Seine Arbeiten haben gemeinsam mit denen Berthelots, Liebermanns und anderer die Kenntnisse von den ungesättigten Kohlenwasserstoffen wesentlich vermehrt.

Seine Arbeiten über Alkohole führten zur Darstellung des ersten tertiären Alkohols und weiter zu einer erstmalig richtigen Klassifizierung der Alkohole.

Mehrfach geschah es, daß Zeitgenossen **Butlerows** die Priorität von Entdeckungen, die ihm zukam, für sich in Anspruch nahmen. **Butlerow** reiste im Jahre 1867 nochmals ins Ausland, um seine Rechte zu verteidigen. Trotz dieser vereinzelten Mißhelligkeiten und der oft scharfen gegenseitigen Kritiken hatte **Butlerow** immer ein freundschaftliches Verhältnis zu seinen ausländischen Kollegen. Viele seiner Arbeiten sind in der von Erlenmeyer herausgegebenen „Zeitschrift für Chemie“ erschienen.



Archibald Couper, 1831 bis 1892,
englischer Chemiker,
erkannte die Vierwertigkeit des Kohlenstoffs
und versuchte Konstitutionsformeln aufzustellen

Die Herausbildung einer Theorie der Struktur organischer Verbindungen um die Mitte des 19. Jahrhunderts stand im engen Zusammenhang mit dem Bedarf der chemischen Industrie für eine leicht faßliche Darstellung chemischer Verbindungen und Reaktionen. Die von *Kekulé*, *Kolbe* und *Couper* festgestellte und durch *Schorlemmer* erhärtete Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms war ein wichtiger Schritt zu diesem Verständnis. Die Strukturtheorie *Butlerows* schließlich öffnete den Weg zur genauen Kenntnis des Zusammenhangs zwischen Struktur und Eigenschaften der Moleküle.

Butlerow hat die endgültige Anerkennung seiner Theorien nicht mehr erleben können. Seine beiden stärksten Gegner im eigenen Land, *Mendelejew* und *Mentschutkin*, bekannten sich erst 10 Jahre nach *Butlerows* Tod zu seinen Theorien. *Mendelejew* würdigte dann eingehend *Butlerows* Verdienste um die Begründung der Strukturtheorie.

Carl Schorlemmer

Anfang der sechziger Jahre des 19. Jahrhunderts lernte *Friedrich Engels* in Manchester im Kreise deutscher Kaufleute und Chemiker einen jungen deutschen Chemiker kennen, von dem er drei Jahrzehnte später in einem Nachruf im Zentralorgan der deutschen Sozialdemokratie berichtete: „... Als ich anfangs der sechziger Jahre *Schorlemmer* kennenlernte, war er bereits vollständiger Kommunist“ [57; S. 314]. Aus diesem ersten Kennenlernen entstand in kurzer Zeit eine feste Freundschaft, in die auch bald *Karl Marx* einbezogen wurde und die nach dessen Tod noch inniger wurde.

In der Geschichte der internationalen Arbeiterbewegung hat *Carl Schorlemmer* als Freund und Kampfgefährte von *Marx* und *Engels* seinen festen Platz, aber auch in der Geschichte der Chemie gehört er zu den großen Wegbereitern der modernen organischen Chemie, wenn auch einschlägige historische und fachwissenschaftliche Bücher seine wissenschaftlichen Leistungen nicht immer würdigen. *Schorlemmer* war der erste Marxist unter den Naturforschern des 19. Jahrhunderts. Die Kenntnis der



Marxschen dialektischen Methode hob ihn „aus der Masse der übrigen Naturforscher heraus“ und ermöglichte es ihm, Feststellungen und Schlußfolgerungen zu treffen, die anderen nicht möglich waren.

Er begründete die Chemie der einfachen Kohlenwasserstoffe und untersuchte die Geschichte der organischen Chemie von den Anfängen bis zu seiner Zeit vom Standpunkt des historischen und dialektischen Materialismus.

Carl Schorlemmer wurde am 30. September 1834 als Sohn eines kleinen Handwerksmeisters in Darmstadt geboren, in dem Jahr, in dem der „Hessische Landbote“ im Kampf gegen die feudale Reaktion „Friede den Hütten – Krieg den Palästen“ verkündete und in dem der Deutsche Zollverein gegründet wurde.

Trotz der schlechten materiellen Lage des Vaters konnte der begabte Junge die höhere Gewerbeschule in Darmstadt, die Vorläuferin der heutigen Technischen Hochschule, besuchen und anschließend 1853 die Lehre als Apotheker in Groß-Umstadt beginnen. In Groß-Umstadt wohnte er im Hause seines Schulfreundes *Wilhelm Dittmar*, dessen Vater ein aktiver Teilnehmer der Revolution von 1848 war.

Nach erfolgreichem Abschluß der Lehre ging Schorlemmer nach Heidelberg als Apothekengehilfe und besuchte nebenbei die Vorlesungen *Robert Bunsens*. Entschlossen, an Stelle der Pharmazie direkt Chemie zu studieren, ließ er sich im Jahre 1859 in Gießen für das Studium der Chemie immatrikulieren. Er blieb dort nur für ein Semester und folgte dann seinem Freund *Dittmar* nach England, wo er bald Assistent bei dem *Bunsenschüler H. E. Roscoe* wurde. Unter seinen Lehrern in Gießen hatte *Hermann Kopp* den größten Einfluß auf seine wissenschaftliche Entwicklung. Er wies ihm nicht nur mit seinen Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Siedetemperatur und Konstitution organischer Verbindungen einen Weg zu wichtigen chemischen Erkenntnissen, sondern er weckte auch in Schorlemmer die Liebe zu geschichtlichen Studien, so daß sich dieser später gerade auf diesem Gebiet „sein dankbarer Schüler“ nannte. *H. E. Roscoe* war damals Professor für Chemie am Owens-College in Manchester, einer Lehranstalt, die bewußt in Opposition zu den konservativen Universitäten Englands errichtet worden war. Schorlemmer wirkte dort drei Jahrzehnte lang, da der liberale Geist, der an dieser Hochschule herrschte, seiner

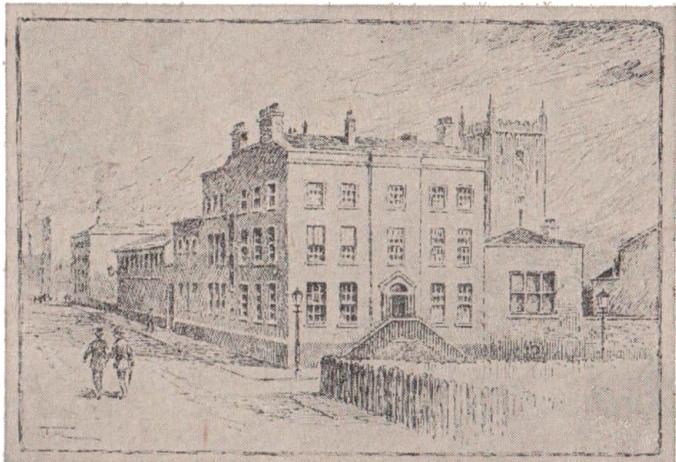
fortschrittlichen Gesinnung entsprach, und er trotz geringer Geldmittel die Ruhe und Freiheit hatte, seine Forschungen durchzuführen. 1873 wurde er Dozent für organische Chemie, und ein Jahr darauf erhielt er an dieser Anstalt die erste Professur für organische Chemie in England. Damals waren selbst in Deutschland die Lehrstühle für anorganische und organische Chemie noch nicht getrennt.

Schorlemmer war Mitglied der bedeutendsten wissenschaftlichen Gesellschaften, zum Beispiel der Deutschen Chemischen Gesellschaft, der Chemical Society, der Royal Society, der American Philosophical Society und der Leopoldina. Die Universität Glasgow verlieh ihm den Doktor beider Rechte ehrenhalber.

Als *Schorlemmer* im Laboratorium Destillationsprodukte einer Teerfabrik untersuchen sollte, interessierten ihn dabei vor allem die einfachen gesättigten Kohlenwasserstoffe, die Paraffine, über die zu dieser Zeit kaum etwas bekannt war. Diese Stoffe beschäftigten ihn bleibend. *Schorlemmer* trug wesentlich zur Kenntnis der Alkane bei, die er voneinander trennte, näher untersuchte und zum Teil erstmalig rein darstellte. Er wurde zu einem der Begründer der organischen Chemie.

Mit *Schorlemmers* Arbeiten über die Kohlenwasserstoffe in den Jahren 1863 bis 1872 wurden die grundlegenden Forschungen über diese Gruppe organischer Verbindungen, die mit *Berthelots* Arbeiten über das Grubengas 1855 begannen, im wesentlichen abgeschlossen und die Alkane als die einfachsten organischen Verbindungen erkannt, aus denen kompliziertere Verbindungen abgeleitet werden konnten.

Als *Schorlemmer* seine Untersuchungen begann, stand die organische Chemie noch im Zeichen der Typentheorie, welche die Frage der Gleich- oder Verschiedenartigkeit der Wertigkeiten des Kohlenstoffs völlig offen ließ. Entsprechend den verschiedenen typischen Aufbaumöglichkeiten einfacher Kohlenwasserstoffe war man zu der Auffassung gelangt, daß die Verbindungen $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ (Dimethyl) und $\text{C}_2\text{H}_5\text{-H}$ (Äthylwasserstoff) trotz der gleichen Molekülmasse zwei verschiedene Verbindungen seien. *Schorlemmer* wies überzeugend nach, daß diese vermeintlichen isomeren Verbindungen keinerlei Unterschiede aufwiesen und identisch seien. Mit dieser Erkenntnis war eine der Grundforderungen der Valenztheorie erfüllt und die Entwicklung der modernen Strukturtheorie auf der Basis der Vierwertigkeit des Kohlenstoffs gesichert.



Zwei Zeitgenossen Schorlemmers haben die Bedeutung seines Beitrages anerkannt: *Lothar Meyer* und *Albert Ladenburg*. *Lothar Meyer* schrieb: „Seit aber Schorlemmer erwiesen, daß die bisher angenommenen Unterschiede zwischen Äthylwasserstoff und Methyl (oder Dimethyl) nicht bestehen, ist auch die Identität von Chlormethyl und einfach gechlortem Grubengas nicht mehr zweifelhaft, welche durch die Versuche *Berthelots* noch nicht völlig erwiesen schien. Damit sind alle jene Beobachtungen als irrig erkannt, und die Annahme der Verschiedenheit unter den Affinitäten des Kohlenstoffatoms erscheint überflüssig“ [58; S. 283].

In seinen „Vorträgen zur Entwicklungsgeschichte der Chemie“ schrieb *Albert Ladenburg*, der wie Schorlemmer gleichermaßen experimenteller Chemiker und Historiker seines Faches war: „... Bei allen derartigen Betrachtungen (über die Konstitution organischer Verbindungen, d. A.) ist es von entscheidendem Wert, daß durch Schorlemmer die Identität von Methyl mit Äthylwasserstoff festgestellt wurde. Erst nach Erledigung dieser Tatsache konnte eine Gleichheit der vier Valenzen des Kohlenstoffs angenommen werden, die erste Bedingung, um den heute so sehr gebräuchlichen Strukturformeln Vertrauen zu schenken...“ [59; S. 283].

Nach der Ernennung zum Professor widmete sich Schorlemmer mehr pädagogischen und literarischen Aufgaben. Seine experimentellen Arbeiten waren mit einigen Ausnahmen ungefähr um das Jahr 1872 abgeschlossen. Im Rahmen seiner Untersuchungen kam er zu einer exakten Definition der organischen Chemie, die er als „die Chemie der Kohlenwasserstoffe und ihrer Derivate“ definierte. „Die Richtigkeit dieser Definition“, schrieb er, „ergibt sich daraus, daß man, sobald man die chemische Konstitution einer Kohlenstoffverbindung richtig erkannt hat, sie in den betreffenden Kohlenstoff-Wasserstoff überführen oder daraus darstellen kann“ [60; S. 76/77].

Aus seinen Schlußfolgerungen heraus baute er das ganze System der organischen Chemie grundlegend um und legte es zum ersten Male in seinem klassischen Lehrbuch der organischen Chemie dar.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse Schorlemmers wurden von seinen Freunden *Marx* und *Engels* mit großem Interesse verfolgt. *Marx* holte sich bei Schorlemmer Rat in Fragen der Agrikulturchemie für die Arbeit am „Kapital“, und Schorlemmer las

Lieber Marx

Ergebnis der Schrift ist, daß die
Schrift fast zu kurz ist. Ich
würde sie lieber so offen
abgeschlossen. Da es vorher
beginnen wird, daß ich sie lieber
fortsetze, daß eine nationale
Schrift statt einer
in formen fürwahrnehmung
mindestens bestimmt
wiederholungen von den
wiederholungen und
bestimmt auf Seite 57
und 58 auf ...

Brief
Schorlemers
an Karl Marx

Ergebnis der Schrift ist, daß die
Schrift fast zu kurz ist. Ich
würde sie lieber so offen
abgeschlossen. Da es vorher
beginnen wird, daß ich sie lieber
fortsetze, daß eine nationale
Schrift statt einer
in formen fürwahrnehmung
mindestens bestimmt
wiederholungen von den
wiederholungen und
bestimmt auf Seite 57
und 58 auf ...

Mein folgender

Marx' Werke bereits in den Korrekturbogen. Nach dem Tode von Marx verlebten Schorlemmer und Engels ihre wenigen freien Stunden gemeinsam und unternahmen auch zusammen Reisen nach den Vereinigten Staaten und zum Nordkap. Die Korrespondenz zwischen beiden drehte sich hauptsächlich um Fragen der Arbeiterbewegung und naturwissenschaftliche Probleme. Es ist offensichtlich, daß Schorlemmer wesentlichen Anteil an Engels' Arbeiten am „Anti-Dühring“ und an der „Dialektik der Natur“ genommen hat. Engels wies, wahrscheinlich im Jahre 1879, als der 2. Band des „Ausführlichen Lehrbuches der Chemie“ von Roscoe-Schorlemmer erschien, unter anderem auf die homologen Reihen kettenförmiger organischer Verbindungen hin, um die Allgemeingültigkeit des Gesetzes zum wechselseitigen Umschlag der Quantität und Qualität nachzuweisen.

In der Zeit, als Marx und vor allem Engels die Notwendigkeit erkannten, die marxistische Philosophie auch nach der naturwissenschaftlichen Seite hin auszubauen, erschien zuerst in englischer Sprache Schorlemmer's „Ursprung und Entwicklung der organischen Chemie“. Schorlemmer, der sich nicht scheute, in diesem Werk Engels' „Anti-Dühring“ zu zitieren, wies nach, daß sich die Wissenschaft nur nach den Gesetzen der Dialektik entwickeln kann. Gegen die Auffassungen der Empiristen und der spekulativen Naturphilosophen trat er für das richtige Verhältnis von Theorie und Praxis ein. Beißenden Spott hatte er für die Vulgärmaterialisten und spekulativen Naturforscher übrig, von denen er schrieb: „Herakleitos Ansichten über den unzertrennlichen Zusammenhang zwischen Materie und Bewegung sind klarer als die manchen modernen Physikers...“ [60; S. 2]. Über die damalige moderne organische Chemie schrieb er an anderer Stelle, daß sie zur dialektischen Behandlung des Gegenstandes nötige und den Satz des Heraklit, daß alles fließt, auch für die Moleküle beweise [60; S. 146/147].

Schorlemmer war vom Beginn seiner Tätigkeit in der I. Internationale bis zu seinem Tod der Arbeiterklasse und ihrer Partei treu ergeben. Wegen seiner Zuverlässigkeit wurde er oft mit schwierigen Aufträgen betraut. Seine Adresse galt für die Korrespondenz zwischen Marx und Engels als Anschrift für vertrauliche Mitteilungen, und während des Sozialistengesetzes hielt Schorlemmer die Verbindung zu den deutschen

Edward Frankland, 1825 bis 1899,
englischer Chemiker,
begründete das chemische Laboratorium
am Owens-College in Manchester



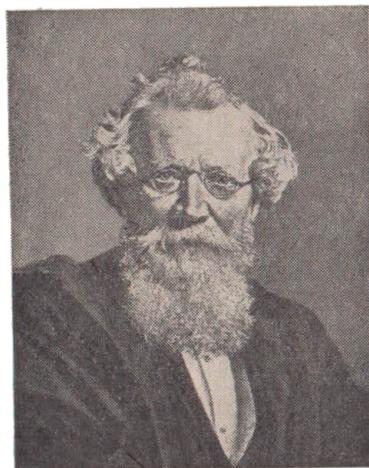
Genossen aufrecht. Anläßlich eines Besuches in Darmstadt bei seinen Angehörigen sollte er wegen illegaler Einfuhr politischer Literatur verhaftet werden, jedoch sein englischer Paß – *Schorlemmer* hatte sich 1879 in England naturalisieren lassen – ließ die Polizei davon Abstand nehmen.

Die enge Verbindung zu *Marx* und *Engels* und die aktive Teilnahme am politischen Kampf der Arbeiterklasse führten dazu, daß sich seine Fachkollegen zunehmend von ihm distanzierten. Die Deutsche Chemische Gesellschaft schloß ihn wegen geringfügiger Beitragsrückstände aus, und nach seinem Tode mußte *Engels* „erst auf *Roscoe* einen Druck ausüben“, damit dieser einen Nachruf auf *Schorlemmer* verfaßte. Die unermüdliche Arbeit und die jahrelange schlechte materielle Lage hatten *Schorlemmers* Gesundheit sehr geschadet. Er starb am 27. Juni 1892 in Manchester, nachdem er schon jahrelang an einer zunehmenden Taubheit litt, die ihn zwang, sich allmählich aus dem öffentlichen Leben zurückzuziehen.

Schorlemmer war zeitlebens ein bescheidener und hilfsbereiter Mensch. Alle Ehrungen und Auszeichnungen änderten diese persönliche Haltung nicht, denn, weil „seine Bescheidenheit auf der richtigen Erkenntnis seines eigenen Wertes beruhte, nahm er diese Anerkennungen hin als selbstverständlich und deshalb gleichgültig...“ [61; S. 7]. *Engels* nannte *Schorlemmer* einmal in einem Brief an einen Freund „einen Chemiker und Kommunisten ersten Ranges“ und an anderer Stelle den nach *Marx* bedeutendsten Mann der europäischen Sozialdemokratie. Für uns ist heute *Schorlemmer* das Vorbild eines Wissenschaftlers, der mit seiner wissenschaftlichen Arbeit und politisch aktiv an der sozialistischen Entwicklung der Gesellschaft teilnimmt.

August Wilhelm Hofmann

August Wilhelm Hofmann erlebte wie *Liebig*, *Kekulé* und andere Chemiker die Entwicklung der chemischen Industrie in Deutschland aus ihren Anfängen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bis zur Gründung größerer Betriebe. Besonders seine Arbeiten über die wissenschaftlichen Grundlagen der Farbstoffchemie förderten diesen Fortschritt. Während der zweiten Hälfte seines Lebens setzte sich allmählich die



August Wilhelm Hofmann
1818 bis 1892
nach dem Gemälde von Angeli

Erkenntnis durch, daß den Naturwissenschaften die Bedeutung einer Produktionspotenz zukommt. Ausdruck dessen war unter anderem die Einführung eines systematischen Hochschulunterrichts an den deutschen Universitäten im Fach Chemie mit dem Ziel, der Industrie genügend wissenschaftlich gebildete Chemiker zuführen zu können. *Hofmann* hatte daran ebenfalls großen Anteil.

August Wilhelm Hofmann wurde am 8. April 1818 in Gießen geboren. Sein Vater war Baumeister im großherzoglichen Dienst. *Hofmann* begann im Jahre 1836 das Studium der Rechte an der Universität Gießen. Die Vorlesungen *Liebigs*, die er zusammen mit vielen seiner Kommilitonen besuchte, veranlaßten ihn jedoch, Chemiker zu werden.

Liebig lenkte *Hofmann* auf die Untersuchung von Destillationsprodukten des Steinkohlenteers, einen Forschungsgegenstand, zu dessen Bearbeitung die Entwicklung der Gaswerke und Kokereien angeregt hatte. *Hofmann* sollte *Runge*s Ergebnisse aus dem Jahre 1834 nachprüfen und mit den Arbeiten anderer Chemiker dieser Zeit vergleichen. Er untersuchte vor allem die basischen Destillationsprodukte und stellte fest, daß *Runge*s „Kyanol“ mit *Unverdorbens* „Krystallin“, *Fritzsches* „Anilin“ und *Sinins* „Benzidam“ identisch war. Die Ergebnisse legte er 1843 in der Publikation „Chemische Untersuchungen der organischen Basen im Steinkohlenteeröl“ vor. Seine Untersuchungen wiesen den Weg zur Gewinnung des Benzols aus Steinkohlenteer, den später sein englischer Schüler *Mansfield* mit praktischem Erfolg beschritt. *Hofmann* würdigte in dieser Arbeit *Sinins* Methode, Nitrobenzol zu Aminobenzol zu reduzieren. Er benutzte dazu im Unterschied zu *Sinin* naszierenden Wasserstoff aus Salzsäure und Zink. Später wurde Zink durch Eisen ersetzt. *Hofmann* wandte gemeinsam mit *Muspratt* diese Methode nach 1845 für die Darstellung der Methylaniline (Toluidine) an.

Hofmanns umfassende Darstellung „Übersicht der in letzter Zeit unternommenen Forschungen über den Indigo und seine Metamorphose“, die ebenfalls 1843 erschien, zeigte sein großes Talent, Probleme durch vergleichende und zusammenfassende Untersuchungen zu ordnen und die durchgängigen Gesetzmäßigkeiten herauszuarbeiten.

Gustav Magnus, 1802 bis 1870,
Professor für Physik an der Berliner Universität,
begründete 1837 die physikalische Sammlung



Durch die etwa zwei Jahre darauf veröffentlichte Arbeit „Metamorphosen des Indigos, Erzeugung organischer Basen, welche Chlor und Brom enthalten“ wurde er unter den Chemikern allgemein bekannt. Er beschäftigte sich hierbei auch mit der Konstitution organischer Verbindungen, einem Problem, das damals im Mittelpunkt des Interesses stand. Seine Ergebnisse festigten die Substitutionstheorie. Diese Arbeit war für viele Chemiker, darunter auch für *Liebig*, der letzte Anstoß, sich von den vorherrschenden elektrochemischen Anschauungen zu lösen. In seinen späteren Arbeiten über die Amine lieferte *Hofmann* weitere Unterlagen zu diesem theoretisch wichtigen Problem und trug auch zur Ausarbeitung der Typentheorie *Gerhardts* bei.

Im Jahre 1845 bewarb sich *Hofmann* als Privatdozent an der Universität in Bonn. Besonders seine Absicht, *Liebigs* Lehrmethoden zu übernehmen und ein Laboratorium zu errichten, „... in welchem den Studierenden die Gelegenheit zu selbständigen Übungen in der chemischen Analyse... geboten werden soll“ [62], bewirkte, daß seinem Gesuch stattgegeben wurde. *Hofmann* wurde aber bald nach London berufen, um nach *Liebigs* Vorbild das neue „Royal College of Chemistry“ einzurichten. Seine Arbeiten und das gute Zeugnis *Liebigs* förderten die Berufung. Der Aufenthalt in England währte nicht, wie vorgesehen, zwei, sondern zwanzig Jahre. Zu seinen Schülern gehörten bedeutende englische Chemiker, zum Beispiel *Perkin*, *Nicholsen* und *Mansfield*. Auch viele junge Deutsche, die in ihrem Vaterland keine ausreichende Möglichkeit zur Ausbildung als Chemiker fanden, kamen zu *Hofmann* nach London; bei ihm lernten unter anderen *Martius*, *Grieß* und *Volhard*.

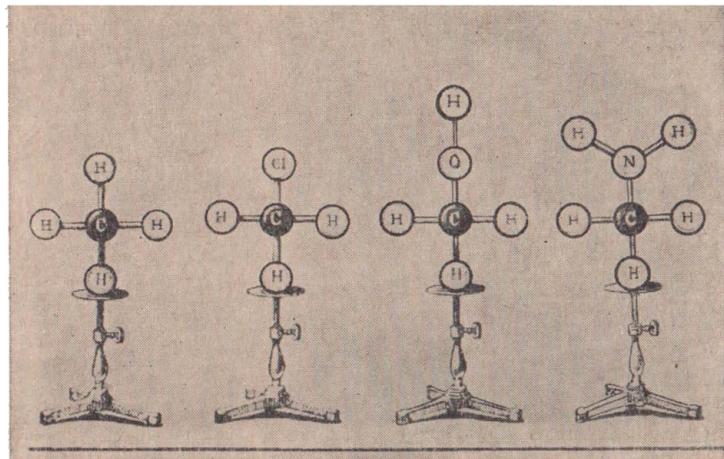
Hofmann zählte zu den angesehensten Persönlichkeiten der englischen Öffentlichkeit. Er beriet häufig die englische Regierung, war Mitglied der Jury auf Weltausstellungen und wurde schließlich 1861 Präsident der Chemical Society in London. Er schloß sich den Gepflogenheiten englischer Gelehrter an und hielt ebenfalls öffentliche Vorlesungen vor Interessenten aus den verschiedensten Bevölkerungsschichten über sein wissenschaftliches Arbeitsgebiet. Diese „working men lectures“ wurden von Hunderten von Zuhörern besucht.

Auch *Karl Marx* hörte in London *Hofmanns* Vorlesungen und studierte dessen Werk „Einleitung in die moderne Chemie“. Dieses Buch ist ein Beweis dafür, daß *Hofmann*

in hohem Maße die Gabe besaß, experimentelle Tatsachen und darauf begründete Theorien anschaulich und verständlich darzustellen. *Engels*, der *Hofmanns* Werk ebenfalls gelesen hatte, tauschte seine dabei entstandenen Gedanken mit *Marx* aus. Zu dieser Zeit, in der *Marx* und *Engels* daran gingen, die kommunistische Weltanschauung nach der naturwissenschaftlichen Seite hin auszubauen, studierten sie eine Reihe naturwissenschaftlicher Werke, so auch *Hofmanns* Buch. *Engels* schätzte an diesem Werk, daß es nachwies, daß „die neuere chemische Theorie mit all ihren Fehlern ein großer Fortschritt gegen die frühere atomistische“ [63; S. 470] war.

Während des ersten Jahrzehnts in England widmete sich *Hofmann* vorzugsweise der Lehrtätigkeit. Dann wandte er sich wieder den Problemen um die Verwertung der Destillationsprodukte des Teers zu, der mit der steigenden Gaserzeugung in England in zunehmendem Maße anfiel und nach wie vor als lästiges Abfallprodukt betrachtet wurde. Mit der Entdeckung des ersten Teerfarbstoffes „Mauvein“ durch seinen Schüler *Perkin* im Jahre 1856 eröffneten sich größere Perspektiven für die industrielle Verwertung des Teers. Bald begann auch die wissenschaftliche Aufklärung der Anilinfarbenherstellung, wodurch sich die chemische Industrie und schließlich auch die theoretische organische Chemie verstärkt entwickelten. Zahlreiche wissenschaftliche Probleme mußten geklärt werden, die für die Industrie ökonomisch wichtig waren, und die wachsende Anzahl der bekannten organischen Verbindungen öffnete den Weg zu neuen Theorien.

Um 1860 entdeckte *Hofmann* fast zu gleicher Zeit mit dem französischen Chemiker *Verguin* das Fuchsin. Außerdem lieferte er technisch wichtige Untersuchungsergebnisse über die Ausgangs- und Zwischenprodukte für die Synthese einiger Anilinfarben, wie das „Anilin für Rot“, das „Anilin für Blau“, die Darstellung des Dimethylanilins, den Austausch von Phenylresten gegen Alkylreste usw. Im Zusammenhang damit entwickelte er „*Hofmanns Violette*“, die mit dazu beitragen, daß die Anilinfarben auf der Weltausstellung im Jahre 1862 stark beachtet wurden. Zu diesem Zeitpunkt begannen in Deutschland die Firmen *Bayer & Co.*, Elberfeld, *Oehler* in Offenbach, *Kalle & Co.*, Biebrich, und die Badische Anilin- und Soda-fabrik in Mannheim die Produktion von Anilinfarben.



Hofmann verfolgte vor allem das Ziel, bei der Farbstoffsynthese von weitgehend empirischen Arbeiten zu exakter wissenschaftlicher Grundlagenforschung zu gelangen. Die Vielseitigkeit und Kompliziertheit der Probleme der Farbstoffsynthesen regte die wissenschaftliche Durchdringung der chemischen Produktion besonders an. *Hofmann* hat diese Entwicklung bewußt gefördert. Schon in England gab er einige Entdeckungen auf dem Gebiete der Farbstoffsynthese an die Industrie ab.

Im Jahre 1865 verließ *Hofmann* nach längeren Verhandlungen England und kehrte nach Deutschland zurück. Die preußische Regierung hatte ihm den Bau eines Instituts zugesichert. Aber erst im Jahre 1869 konnte er das damals größte und nach seinen Vorschlägen erbaute chemische Institut in Berlin endgültig in Betrieb nehmen.

Die anorganische Chemie spielte damals keine ausschlaggebende Rolle, die junge chemische Industrie war hauptsächlich an organischen Problemen interessiert, und so konnte sich *Hofmann* für sein Forschungsgebiet voll einsetzen. Erst 1883 wurde in Berlin ein zweites chemisches Institut für anorganische, technische und später für physikalische Chemie eingerichtet.

Hofmanns Rückkehr förderte die Entwicklung der Chemie in Deutschland beachtlich. Im Jahre 1867 gründete er gemeinsam mit *Baeyer*, *Martius*, *Wichelhaus*, *Schering* und weiteren interessierten Hochschul- und Industriechemikern die Deutsche Chemische Gesellschaft, die ihm wiederholt das Amt des Präsidenten übertrug. Durch diese Gesellschaft wollte zugleich die junge chemische Industrie auf Forschung und Lehre Einfluß nehmen. Auf der Gründungsversammlung erklärte *Hofmann*, „die neue Gesellschaft sei... dazu bestimmt, den Vertretern der spekulativen und der angewandten Chemie Gelegenheit zum gegenseitigen Ideenaustausch zu geben, um auf diese Weise die Allianz zwischen Wissenschaft und Industrie aufs Neue zu besiegen...“ [64: S. 3].

Die Deutsche Chemische Gesellschaft hat unter maßgeblicher Mitarbeit *Hofmanns* zur Lösung vieler Probleme im Interesse der chemischen Wissenschaft und Industrie beigetragen, wobei sich *Hofmann* besondere Verdienste um das erste deutsche Patentgesetz erworben hat. Er unterhielt über seinen Schüler *Martius* Verbindungen



zur Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation (AGFA) und über *Schering* zur pharmazeutischen Industrie, arbeitete jedoch nicht in direkter Abhängigkeit kapitalistischer Unternehmungen, wie dies später bei jüngeren Zeitgenossen weit verbreitet war. *Hofmann* gab aber durch seine Forschungen der chemischen Industrie wissenschaftliche Grundlagen für ihre Produktion.

Die wissenschaftliche Tätigkeit *Hofmanns* während seiner Berliner Zeit war außerordentlich vielseitig. Davon zeugt, daß aus seinem Institut etwa 900 Veröffentlichungen, davon 150 eigene, allein in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft erschienen. Es gibt kaum eine Farbstoffgruppe und kaum ein Gebiet der organischen Chemie, auf dem er in seinem Laboratorium nicht arbeitete oder arbeiten ließ.

Er fand die Synthese des Methanals aus einem Methanol-Luft-Gemisch mit Hilfe einer Platinspirale als Katalysator, die später durch den Einsatz moderner Katalysatoren wesentlich verbessert wurde. Im Prinzip wird aber *Hofmanns* Entdeckung bis heute großtechnisch angewendet. Den nach ihm benannten Abbau der Säureamide benutzte die chemische Industrie in Deutschland seit dem Jahre 1897 bei der Darstellung der Anthranilsäure (1,2-Aminobenzoësäure) zur Indigosynthese.

Seine Arbeiten zur Farbstoffsynthese hatten, ebenso wie die anderer Chemiker, die organische Synthesen erforschten, zugleich erkenntnistheoretische Bedeutung, denn sie lieferten fachwissenschaftliche Argumente gegen den Agnostizismus. *Hofmann* vertrat die Ansicht, daß sich die chemische Formel „in der Hand des chemischen Forschers ... zu ebenso bündigem wie umfassenden Ausdrucke der von ihm beobachteten Gesetzmäßigkeiten ...“ gestaltet [65; S. 120]. *Engels* benutzte solche Erkenntnisse, als er sich mit der klassischen deutschen Philosophie auseinandersetzte. Er wies u. a. am Beispiel des Alizarins darauf hin, daß durch das „Experiment und die Industrie“ das *Kantsche* unfaßbare „Ding an sich“ widerlegt wurde [66; S. 18].

Hofmann interessierte sich für alle neuen Ergebnisse der Farbstoffindustrie und deckte durch sorgfältige Untersuchungen meist sehr schnell sorgsam gehütete Geheimnisse der Industrie auf. Die Möglichkeit, Erfindungen nachzuahmen, war für ihn ein Anlaß, sich für eine Sicherung wissenschaftlich-technischer Erfindungen ein-

August Wilhelm Hofmann
zusammen mit Carl Graebe und Carl Liebermann,
die 1869 in Berlin
die Alizarinsynthese entdeckten



zusetzen, die er durch das Patentgesetz zu erreichen versuchte. Dieses diente natürlich auch dem Bestreben der kapitalistischen Unternehmer, das Monopol für die Herstellung bestimmter chemischer Erzeugnisse zu behalten.

Hofmann genoß als Hochschullehrer hohes Ansehen. Begeisterte Äußerungen sind über seine Vorlesungsexperimente überliefert. Er trieb in dieser Hinsicht einen Aufwand, der anfangs im rückständigen Berlin als „skandalös“ bezeichnet wurde. Dabei entwickelte *Hofmann* zahlreiche Vorlesungsversuche und Apparate, zum Beispiel den *Hofmannschen* Wasserzersetzungsapparat, die heute noch Bedeutung besitzen. Wachsende Repräsentationspflichten hinderten ihn schließlich, seine Aufgaben an der Universität regelmäßig zu erfüllen. Zeitweilig bekleidete er das Amt des Rektors, in dem er sich auch zu aktuellen hochschul- und schulpolitischen Fragen äußerte, so zur Gründung einer selbständigen naturwissenschaftlichen Fakultät und zur Entwicklung der Realschulen neben den Gymnasien.

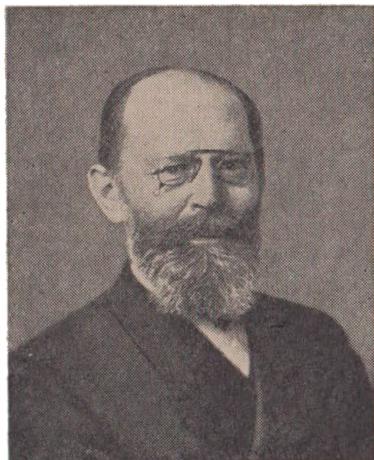
Hofmann war von hohem Nationalbewußtsein erfüllt, ohne jemals in chauvinistische Überheblichkeit zu verfallen. Seine freundschaftlichen Beziehungen zu Gelehrten in aller Welt und sein urwüchsiger Liberalismus machten ihn sogar zum entschiedenen Gegner jeglichen Nationalismus. Als Rektor versagte er einer Studentenorganisation, sich an der Universität antisemitisch zu betätigen.

A. W. Hofmann starb am 5. Mai 1892. In einer würdigen Trauerfeier nahm die Berliner Universität und die gesamte chemische Wissenschaft von dem verehrten Lehrer und Forscher Abschied.

Emil Fischer

Emil Fischer ist einer der großen Vertreter der klassischen organischen Chemie. Er beschäftigte sich mit der präparativen organischen Chemie sowie der Strukturaufklärung organischer Naturstoffe und schuf Grundlagen für die Biochemie.

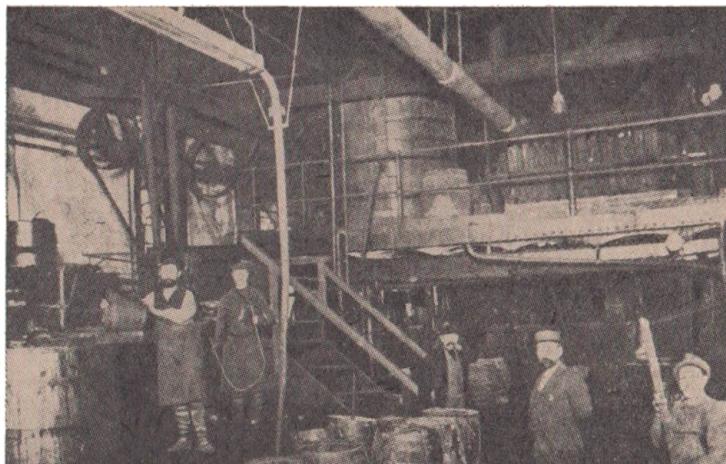
Fischers wissenschaftliche Tätigkeit begann in der sogenannten Gründerzeit, als sich in Deutschland die Industrie mit Hilfe französischer Kontributionen rasch entwickelte. Neben dem Maschinenbau und der Elektroindustrie waren im Rheinland



und auch in Berlin die ersten bedeutenden chemischen Fabriken entstanden, welche die Ergebnisse der organischen Chemie zur Produktion von Farbstoffen und bald auch von Heilmitteln und Sprengstoffen anwendeten. Innerhalb kurzer Zeit entstanden in Deutschland 42 neue Aktiengesellschaften der chemischen Industrie, von denen einige bald dem Konkurrenzkampf erlagen, mehrere aber in der chemischen Industrie Deutschlands und der Welt eine Monopolstellung erwarben.

Fischer erlebte als Chemiker und Hochschullehrer diese Entwicklung. Seine Beiträge zur Organisation von Lehre und Forschung entsprachen den Anforderungen der sich entwickelnden monopolistischen Organisationsform der Wirtschaft und gewährleisteten, daß die Industrie die geistige Arbeitskraft der Chemiker optimal nutzen konnte. Die verstärkten Bestrebungen der chemischen Industrie, wissenschaftlich gebildete Chemiker zu beschäftigen und intensiv zu forschen, wurden bereits nach 1870 durch die in der Farbstoffindustrie früh einsetzende Konzentration der Produktion und des Kapitals bedingt. Dieser Tendenz der kapitalistischen Entwicklung entsprach dann 1904 *Duisbergs* Vorschlag, nach dem Vorbild der USA die großen chemischen Werke auch in Deutschland zu vereinigen. Im Jahre 1904 bildeten die Badische Anilin- und Soda-Fabrik (BASF), die Farbenfabriken Bayer AG und die Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation (AGFA) sowie die Farbwerke Hoechst AG und Leopold Casella zwei Interessengemeinschaften, aus denen später der IG-Farbenkonzern hervorging. Die Macht der chemischen Industrie in Deutschland und vor allem deren Einfluß auf das politische Leben wurden durch diese Konzentration gestärkt. So wird verständlich, warum gegen Ende des 19. Jahrhunderts die Aufwendungen für den Bau neuer Lehr- und Forschungsstätten beachtlich anwuchsen. Alle diese Faktoren hatten auf *Emil Fischers* Leben und Wirken maßgeblichen Einfluß.

Emil Fischer wurde am 9. Oktober 1852 in Euskirchen im Rheinland geboren. 1869 begann der Fabrikantensohn bei *Kekulé* in Bonn sein Chemiestudium. Als er es in Straßburg bei dem *Kekulé*-Schüler *A. v. Baeyer* fortsetzte, begeisterte ihn die organische Chemie, die er später durch seine Arbeiten bereicherte. *Emil Fischer* war ein hervorragender Experimentator, der für die chemische Industrie zahlreiche Verfah-



ren ausarbeitete. Seine Untersuchungen erfaßten vorzugsweise Eiweißstoffe, Zucker, Purinderivate, Gerbstoffe und Farbstoffe. Bereits bevor *Fischer* seine Arbeiten über den Bau der Eiweißmoleküle aufnahm, beschäftigten sich andere Chemiker mit diesem wissenschaftlich und philosophisch bedeutenden Problem. *Braconnot* zum Beispiel stellte bereits 1820 Glyzin (Aminoäthansäure) und Leuzin (2-Amino-4-methylpentansäure) durch hydrolytischen Abbau der Eiweißmoleküle mit anorganischen Säuren oder Basen aus Leim dar. *Fischer* baute Eiweiße ebenfalls hydrolytisch ab, wobei er Salzsäure oder Schwefelsäure verwendete, veresterte aber dann das Aminosäuregemisch mit alkoholischer Salzsäure und trennte die Ester durch fraktionierte Destillation unter Vakuum. Dabei wurde der Nachweis erbracht, daß α -Aminosäuren (2-Aminosäuren) die ausschließlichen Bausteine der Eiweiße sind.

Fischer und *Leuchs* gelang mit Hilfe der Zyanhydrinsynthese die Darstellung des Serin (2-Amino-3-hydroxypropansäure) aus Glykolaldehyd (Hydroxyäthanal) und Zyanwasserstoff bei Anwesenheit von Ammoniak. Im Jahre 1903 untersuchte er die Peptidsynthese und stellte das Dipeptid Glyzyllalanin synthetisch dar. 1907 erhielt er auf synthetischem Wege ein Oktadekapeptid, das sich aus 18 verschiedenen Aminosäuremolekülen aufbaute. *Fischer* erarbeitete in dieser Hinsicht vor allem zwei Wege. Der eine führt vom Hydrochlorid der Aminosäurechloride durch Vereinigung mit einem Aminosäureester zum Dipeptidesterhydrochlorid, aus dem durch Verseifung das Dipeptid entsteht. Der andere geht vom α -Halogenfettsäurehalogenid aus, das sich ebenfalls mit einem Aminosäureester zum Dipeptid verbindet, wobei noch das Halogen der Halogenfettsäure mittels Ammoniak gegen die Amino-gruppe ausgetauscht werden muß.

Fischers Arbeiten leisteten einen bedeutsamen Beitrag zur Erkenntnis der Eiweißstrukturen. *Friedrich Engels* bemerkte im Jahre 1886 über die Bedeutung dieses wissenschaftlichen Problems: „Wenn wir aber bedenken... wie unzählige sogenannte organische Zusammensetzungen jetzt künstlich ohne irgendwelche organische Stoffe hergestellt werden, werden wir der Chemie kein Halt (!) vor dem Eiweiß gebieten wollen... Sobald die Zusammensetzung der Eiweißkörper einmal bekannt ist, wird sie an die Herstellung von lebendigem Eiweiß gehen können“ [5; S. 211].

Die Aufklärung der Eiweißstrukturen wertete *Engels* als eine wissenschaftliche Erkenntnis, mit der die marxistische Philosophie gestützt wird und idealistische Vorstellungen über das Leben und seine Entstehung widerlegt werden.

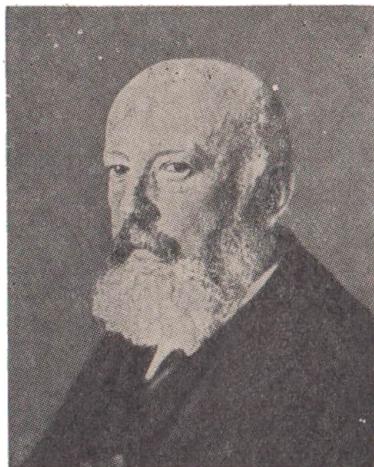
Die Untersuchungen der Zucker gaben Aufschluß über den Bau der Monosacharide. *Fischer* und andere Chemiker wiesen nach, daß die Monosacharide als Oxydationsprodukte mehrwertiger Alkohole aufzufassen sind. Davon ausgehend konnten Monosacharide in Aldosen und Ketosen eingeteilt werden. *Fischer* entdeckte die Umsetzung der Monosacharide mit Phenylhydrazin und führte damit eine der wichtigsten Reaktionen der Zuckerchemie ein. Mit Hilfe des Phenylhydrazins klärte er stereochemische Probleme im Bereich der Monosacharide, baute damit die Systematik der Kohlenhydrate weiter aus und vertiefte gleichzeitig stereochemische Vorstellungen. Die Zyanhydrine (Oxynitrile) verwendet er auch für großartige Zuckersynthesen. Diese Untersuchungen der Kohlenhydrate beschäftigten ihn viele Jahre seines Lebens. Sie wurden auch von seinen Schülern fortgesetzt.

Auch theoretische Fragen spielten in *Fischers* Arbeiten eine Rolle. Am Beispiel der Glukose untersuchte er Beziehungen zwischen der räumlichen Anordnung der Substituenten am Kohlenstofftetraeder und der optischen Aktivität. Er beschäftigte sich auch mit Substitutionen, die am asymmetrischen Kohlenstoffatom organischer Verbindungen stattfinden und gleichzeitig die optische Aktivität verändern, und wies am Beispiel optisch aktiver Aminosäuren darauf hin, daß die *Waldensche Umkehrung* in der organischen Chemie häufig anzutreffen ist.

Angeregt durch seinen Lehrer *Baeyer* unternahm *Fischer* umfassende Arbeiten über die Triphenylmethanfarbstoffe. Er baute dieses von *A. W. Hofmann* erschlossene Gebiet aus und trug damit wesentlich zur endgültigen Klarheit der Struktur dieser Farbstoffgruppe bei.

A. v. Baeyers Einfluß ist auch an *Fischers* Untersuchungen über kondensierte Systeme erkennbar. Dazu gehört *Fischers* Interesse für Indol, das ihn mit auf die Eiweißuntersuchungen gelenkt hatte. Besonders hervorzuheben sind aber die Arbeiten über Pyrimidin- und Imidazol-Abkömmlinge, die Stammsubstanzen für Purinderivate, die in seinem Forschungsprogramm eine wichtige Rolle spielten.

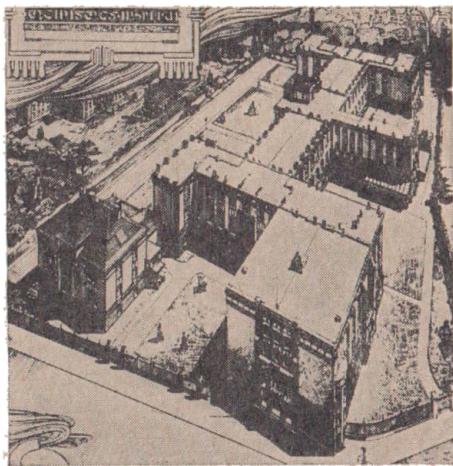
Adolf von Bayer, 1835 bis 1917,
Lehrer Fischers in Straßburg
und München,
erhielt den Nobelpreis für Chemie 1905
für seine Arbeiten zur Indigosynthese



Fischers eigene Gestaltung dieser Probleme ist durch seine biochemische Orientierung bedingt. Sie führte ihn zu Untersuchungen über die Nukleinsäuren, und schließlich entdeckte er dabei die Diäthylbarbitursäure, indem er die beiden Wasserstoffatome in der Methylengruppe der Barbitursäure durch Äthylgruppen ersetzte. Die Diäthylbarbitursäure wurde unter der Bezeichnung „Veronal“ als Schlafmittel bekannt. Für seine Zucker- und Purinarbeiten erhielt *Emil Fischer* im Jahre 1902 den Nobelpreis für Chemie.

Wie aus einer Darstellung der Nobelstiftung hervorgeht, waren zu diesem Zeitpunkt *Fischers* Arbeiten auf dem Gebiete der Eiweißstoffe noch nicht so weit fortgeschritten, daß sie zur Ehrung herangezogen werden konnten. Dennoch müssen sie besonders aus heutiger Sicht höher eingeschätzt werden. Da er insgesamt seine Untersuchungen auf die Erforschung von Stoffwechselproblemen konzentrierte, lieferte er wesentliche Beiträge zur Herausbildung von Disziplinen, die auf der Grenze zwischen Chemie und Biologie liegen. Gerade diese Forschungsrichtungen haben in unserem Jahrhundert, zusammen mit der Katalyseforschung und der Makromolekularchemie, wesentlich das Gesicht der Naturwissenschaften bestimmt. Disziplinen wie Molekularbiologie sind über Zwischenstufen aus den damaligen Anfängen hervorgegangen.

Ein wichtiges Anliegen *Fischers* war die Förderung der Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Chemie. Für ihn bildeten Lehre und Forschung eine Einheit. Da die Anzahl der Chemiestudenten jährlich stieg, wurde es für den Hochschullehrer immer schwerer, die wachsenden Verpflichtungen aus der Lehrtätigkeit mit umfangreichen Forschungsaufgaben zu vereinbaren. *Fischer* trat deshalb für große Lehrlaboratorien ein, in denen der wissenschaftliche Betrieb neben der Forschung vor allem dem Unterricht dient, um für die stürmisch wachsende Industrie die erforderlichen Chemiker auszubilden. Außerdem sollten Einrichtungen für die wissenschaftliche Grundlagenforschung geschaffen werden, deren die chemische Industrie ebenfalls bedurfte. Dieser Konzeption entsprechend schuf er als Nachfolger A. W. Hofmanns in Berlin das neue Chemische Institut der Universität, und außerdem gehörte er zu den „geistigen Vätern“ einer „Chemischen Reichsanstalt“.



Das neue Chemische Institut der Universität Berlin war bei seiner Inbetriebnahme im Jahre 1900 das bedeutendste der Welt. Die Umstände seiner Entstehung sind in verschiedener Hinsicht bemerkenswert. Der Bau wurde notwendig, weil die Chemie bereits große industrielle Bedeutung hatte; er war aber nur mit Hilfe der Vertreter der chemischen Industrie durchzusetzen. Dazu wählte der „Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands“ auf seiner Versammlung 1896 in Eisenach eine Delegation, die nach Berlin entsandt wurde. Von *Fischer* sind Äußerungen bekannt, daß die Naturwissenschaften dennoch Schwierigkeiten hatten, im Kreise der traditionellen Disziplinen anerkannt zu werden. Dies galt zunächst für die Universität selbst. Aber auch die Regierung bewilligte die Mittel, ähnlich wie rund 40 Jahre früher bei *A. W. Hofmann*, so zögernd, daß sich *Fischer* bereits mit dem Gedanken trug, Berlin wieder zu verlassen. Der Einfluß der bereits mächtigen chemischen Industrie auf die Maßnahmen der Regierung war aber so stark, daß sich jene durchsetzen konnte.

Gemeinsam mit *Nernst* und *Ostwald* plante *Fischer* eine Einrichtung für die Chemie, die etwa der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt entsprach. Er vereinte schließlich seine Bemühungen um neue Organisationsformen der wissenschaftlichen Forschung mit denen *A. v. Harnacks*. Daraus ging die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften hervor. Auf der konstituierenden Sitzung der Gesellschaft im Jahre 1911 bekräftigte *Fischer* erneut seine Auffassung vom humanistischen Ziel der Wissenschaft. Das Monopolkapital, das diese Gesellschaft reichlich mit finanziellen Mitteln versorgte, sah jedoch in ihr vor allem ein Mittel, mit dem es seine Weltherrschaftspläne verwirklichen konnte.

Fischer bemühte sich besonders um den Bau der Institute für Kohleforschung, Eisenforschung und Chemie im Rahmen der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Bei der Eröffnung des Instituts für Kohleforschung arbeitete er u. a. mit den Großindustriellen *Thyssen*, *Stinnes* und *Kirdorf* zusammen.

Fischers direkte Beziehungen zur chemischen Industrie begannen im Jahre 1883, als ihm die Badische Anilin- und Soda-Fabrik das Angebot unterbreitete, mit einem Jahresgehalt von 100 000 Mark als Leiter des wissenschaftlichen Laboratoriums

Nachfolger *Caros* zu werden. Diese phantastische Summe überstieg natürlich das Gehalt eines Naturwissenschaftlers an einer Hochschule erheblich. Dennoch lehnte er ab, da ihm „... die akademische Tätigkeit mit der vollen Freiheit wissenschaftlicher Tätigkeit sympathischer“ war [67; S. 97 ff.]. Immerhin konnte er während seines zwei Wochen dauernden Aufenthaltes im Werk alle Anlagen besichtigen, eine Vergünstigung, die aus Konkurrenzgründen „... nur selten wissenschaftlichen Chemikern zuteil wird...“ Bleibend war er den Farbwerken Hoechst verbunden, die ihm Einrichtungen für seine Zuckerexperimente zur Verfügung gestellt hatten. Kurz nach 1900 brachten dieser Betrieb, die Farbenfabriken Bayer in Elberfeld und Merck, Darmstadt, *Fischers* Veronal, Proponal und Sajodin heraus.

Die engen Beziehungen *Fischers* zur Industrie äußerten sich vor allem in seinem ständigen Bemühen, Voraussetzungen für die wissenschaftliche Durchdringung der Produktion zu schaffen. Als Kind einer rheinischen Fabrikantenfamilie war er im kapitalistischen Denken groß geworden und hatte einen guten Sinn für praktische Erfordernisse erworben. Er regte die Gründung neuer Unternehmungen an und erweiterte durch seine Arbeiten bestimmte Produktionsbereiche.

Bei seinem engen Verhältnis zum Monopolkapital konnte *Fischer* die einst gerühmte Freiheit des akademischen Lehrers nicht für sich erhalten. Er ging in politischer Hinsicht den bitteren Weg der Erkenntnis, wie viele andere deutsche Intellektuelle, deren Lebensweg mit der deutschen Monopolbourgeoisie verknüpft war. Im Jahre 1914 gehörte er mit anderen Wissenschaftlern zu den Unterzeichnern des Manifestes „An die Kulturwelt“, das die deutschen Imperialisten und ihre Kriegsziele unterstützte. Außerdem wurde er von der Regierung wiederholt zur Lösung von Schwierigkeiten in der Kriegswirtschaft herangezogen. Einsicht in die Machenschaften des deutschen Imperialismus und persönliche Opfer ließen *Fischer* zum Anhänger pazifistischer Auffassungen werden. Nach 1918 war er bereit, seine Unterschrift unter dem Manifest zu widerrufen und sprach vom imperialistischen Krieg „als von einem schlechten Geschäft, das liquidiert werden müsse“ [68; S. 180].

Der Revolution 1918 stand der alternde *Emil Fischer*verständnislos gegenüber. Er war trotz aller bitteren Erfahrungen nicht in der Lage, der Arbeiterklasse als Träger

des revolutionären Fortschritts Verständnis entgegenzubringen und die wahren Ursachen des Unglücks der Nation und auch seines eigenen Lebens zu erkennen. So blieb seine politische Haltung schwankend.

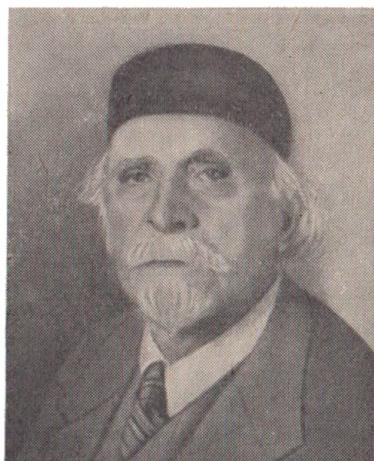
Bereits ein Jahr später, im Jahre 1919, war das Leben dieses großen Chemikers und Förderers der wissenschaftlichen Forschung erschöpft. Am 15. Juli 1919 verstarb er. Zeitgenossen überlieferten, daß wahrscheinlich das Bewußtsein, seine Wissenschaft für falsche politische Ziele eingesetzt zu haben, und der Tod der Söhne im Kriege Gesundheit und Lebensmut untergraben hatten.

Nikolai Dmitrijewitsch Selinski

Nikolai Dmitrijewitsch Selinski erlebte zwei große historische Perioden, den Kapitalismus und den Sozialismus. Als *Selinski* am 6. Februar 1861 in Tiraspol in der heutigen Moldauischen Sozialistischen Sowjetrepublik geboren wurde, waren adlige Großgrundbesitzer an der Macht und die kapitalistischen Produktionsverhältnisse begannen sich durchzusetzen. Im Anschluß an seine Schulzeit studierte *Selinski* an der physikalisch-mathematischen Fakultät der noch jungen Neurussischen Universität in Odessa. Zu dieser Zeit lehrten dort so hervorragende und fortschrittliche Professoren wie der Zoologe und Bakteriologe *J. J. Metschnikow*, der Physiologe *I. M. Setschenow* und andere. Neben dem Studium der Chemie interessierten ihn auch die anderen naturwissenschaftlichen Fächer und philosophische Fragen.

Im Rahmen der kapitalistischen Entwicklung kamen größere Mengen ausländischen Kapitals nach Rußland. Die Gebrüder *Nobel* und französische Kapitalisten bemühten sich besonders um das russische Erdöl. Die Erdölförderung stieg ab 1860 stark an und betrug um 1900 mit rund 10 Millionen Tonnen etwa die Hälfte der Weltförderung. Der zunehmenden Bedeutung des Erdöls im wirtschaftlichen Leben Rußlands entsprach *Selinskis* Interesse für die Kohlenwasserstoffe und für praktische Fragen der Erdölchemie.

Im Jahre 1884 veröffentlichte er seine erste wissenschaftliche Arbeit und wurde Privatdozent an der Neurussischen Universität in Odessa. Im Jahre 1889 verteidigte



er seine Magisterdissertation „Zur Frage der Isomerie in der Thiophenreihe“ und 1891 promovierte er mit einer Arbeit über „Untersuchungen der Stereoisomerieerscheinungen in den Reihen der gesättigten Kohlenwasserstoffe“. In beiden Arbeiten beschäftigte sich *Selinski* mit den damals aktuellen Fragen der Stereochemie organischer Verbindungen. Seine Dissertation war die erste größere russische Arbeit auf dem Gebiet der Stereochemie.

Für die Synthese der Stereoisomeren substituierter Bernsteinsäure (Butandisäure) und Glutarsäure (Pentandisäure) verwendete er den Brompropansäureester, den er durch katalytische Bromierung von Fettsäuren erhalten hatte. Mit dieser Arbeit reichte er sich bei den damals bekanntesten präparativen Chemikern, wie *Volhard*, *Hjelt* und *Bischoff*, ein.

1893 wurde *Selinski* als außerordentlicher Professor an den Lehrstuhl für organische und analytische Chemie der Moskauer Universität berufen. Er wurde Mitarbeiter und Nachfolger des bedeutenden russischen Chemikers *W. W. Markownikow*, mit dem er bis zu dessen Tod zusammenarbeitete. Unter seinen ersten Moskauer Studenten befand sich der später bedeutende sowjetische Komplexchemiker *L. A. Tschugajew*.

Selinski setzte die von *Markownikow* begonnene Arbeit der Synthese von Kohlenstoffringen mit einer Untersuchung der Zykloalkane und deren Derivate fort und isolierte aus dem Bakuer Erdöl zyklische Kohlenwasserstoffe. Die Arbeiten *Markownikows*, *Selinskis* und anderer Chemiker leiteten im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts systematische Studien in der Reihe des zyklischen Hexamethylens ein. Während dieser Zeit gelang *Selinski* als erstem die Darstellung von Ketonen aus Benzinfaktionen und Karbonsäurechloriden bei Anwesenheit von Aluminiumchlorid.

Als gegen Ende des 19. Jahrhunderts der Kapitalismus immer stärker imperialistischen Charakter annahm und sich in der Folge dieser Entwicklung Wirtschaftskrisen und imperialistische Kriegsabenteuer häuften, wurde auch das zaristische Rußland in diese Entwicklung einbezogen. Es entstand in Rußland eine revolutionäre Situation, die durch den imperialistischen Krieg zwischen Rußland und Japan 1904/05



W. S. Sadikow, 1874 bis 1942.
russischer Chemiker,
Mitarbeiter von Selinski

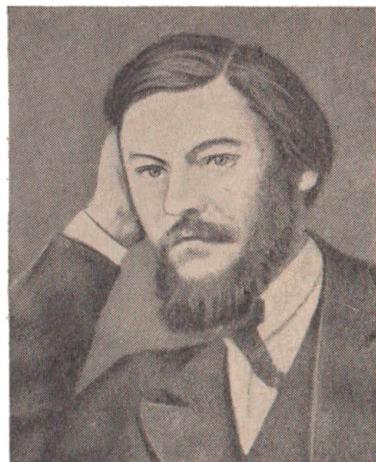
noch verschärft wurde und in der bürgerlich-demokratischen Revolution von 1905 ihren Höhepunkt fand. Während dieser Zeit entfalteten die Bolschewiki unter *Lenins* Führung große Aktivität. *Selinski* ergriff in dieser Situation Partei für den gesellschaftlichen Fortschritt. Der bei seinen Studenten beliebte Lehrer unterstützte in den Jahren 1904 und 1905 öffentlich revolutionäre Strömungen unter der studentischen Jugend. Als die Polizei wegen Studentenunruhen in die Hörsäle eindrang und gegen Studenten vorging, stellte er sich auf die Seite der Studenten.

Im Jahre 1911 griff die zaristische Regierung wieder einmal in die Angelegenheiten der Moskauer Universität ein. Daraufhin verließ *Selinski* mit einer Gruppe fortschrittlicher Professoren aus Protest die Stätte, an der er ein bedeutendes Laboratorium aufgebaut hatte, und ging nach Petersburg. In Petersburg gelang es *Selinski* nicht, ein akademisches Lehramt zu erhalten. Er arbeitete im Laboratorium des Finanzministeriums unter viel primitiveren Verhältnissen und ohne seinen bewährten Mitarbeiterstab. Dennoch leistete er auch hier mehrere bedeutende Arbeiten. Gemeinsam mit W. S. *Sadikow* entwickelte er ein neues Verfahren zur schonenden Eiweißhydrolyse.

In die Zeit seiner Petersburger Tätigkeit fiel der Ausbruch des ersten imperialistischen Weltkrieges um die Neuauftteilung der Welt. Das zaristische Rußland nahm an der Seite der Entente an diesem Krieg teil. Nachdem der aggressive Plan der deutschen Imperialisten an der Westfront gescheitert war, und dort der Stellungskrieg und die großen Materialschlachten begannen, setzten die deutschen Imperialisten erstmalig im Jahre 1915 chemische Kampfstoffe ein. Damit verletzten sie als erstes der kriegsführenden Länder die internationalen Vereinbarungen. Als dieses Verbrechen bekannt wurde, entwickelte *Selinski* einen Schutzfilter gegen Kampfstoffe mit höherer Molekülmasse. Trotz großer Schwierigkeiten von Seiten der zaristischen Behörden und direkter Gegenarbeit korrupter Beamter gelang es ihm, vielen russischen Frontsoldaten durch seine „Kohlegasmaske“ zu helfen.

Unter der Zarenherrschaft trat *Selenski* wie viele fortschrittliche russische Gelehrte für eine allgemeine und umfassende Hebung der Volksbildung ein. Vor allem war ihm an der Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse im Kampf gegen Aber-

Iwan M. Setschenow, 1829 bis 1905,
russischer Physiologe,
ermöglichte den Ausbau der Grundlagen
der modernen Hirnphysiologie

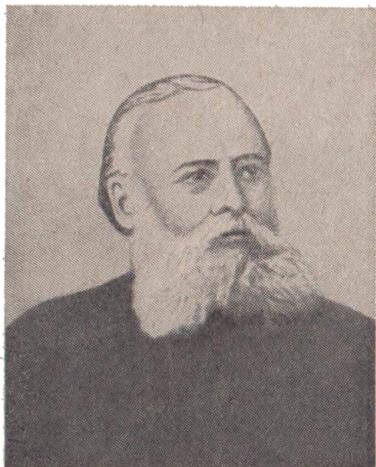


glauben und kirchliche Bevormundung gelegen. Er setzte sich für die Gleichberechtigung der Frauen im Studium ein und wurde Mitbegründer der Frauenhochschule und der *Schanjawska*-Volksuniversität. In seiner wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Tätigkeit arbeitete er mit den Physiologen *I. M. Setschenow* und *I. P. Pawlow* und dem Geochemiker *W. I. Wernadski* zusammen.

Die Große Sozialistische Oktoberrevolution war für *Selinski* der Beginn einer äußerst regen Tätigkeit als Forscher und Lehrer. Dazu gab ihm die Sowjetmacht alle Möglichkeiten, denn sie erkannte die hervorragende Rolle der Wissenschaft bei der Steigerung der Arbeitsproduktivität.

Nach der Oktoberrevolution 1917 kehrte *Selinski* wieder nach Moskau zurück. Er stellte sich als Patriot und fortschrittlicher Wissenschaftler sofort in den Dienst der jungen Sowjetmacht, die vor außerordentlichen wirtschaftlichen und politischen Schwierigkeiten stand. Bald nachdem *Lenin* den Sieg der Sowjets verkündet hatte, begannen im März 1918 die bewaffnete Intervention und der Bürgerkrieg. Daher beschäftigten sich *Selinskis* erste Moskauer Arbeiten im Jahre 1918 mit dem Problem, die junge Rote Armee mit Kraftstoffen zu versorgen. Er arbeitete Aromatisierungs- und Krackverfahren für das damals in großer Menge zur Verfügung stehende Solaröl der Raffinerien des mittleren und unteren Wolgagebietes aus. Bald bezog er auch Masut, Sapropele und Wolgaschiefer in seine Untersuchungen ein. Weitere Arbeiten zur Kraftstoffgewinnung und Erdölverarbeitung schlossen sich an. Zugleich führte er seine in Moskau und Petersburg begonnenen Arbeiten weiter.

Nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution wurde er zu einem der berühmtesten Professoren der Moskauer Universität. Die Anzahl seiner Studenten nahm ständig zu, und seine Laboratorien und Forschungsstätten wurden erweitert. *Selinski* war ein begeisterter Hochschullehrer, der fest auf dem Boden der Sowjetmacht und der kommunistischen Weltanschauung stand. An seine Studenten schrieb er: „Zum Kommunismus schreiten, das bedeutet immer vorwärts schreiten, sich Kenntnisse aneignen, sein Wissen erweitern. Tretet in den Wettbewerb! Der Erfolg des einen hebt im Sowjetland die Arbeit aller übrigen auf eine neue Stufe. Große Taten können nur gemeinsam vollbracht werden. Für etwas Neues kämpft man nicht allein.“



Vladimir Wassilewitsch Markownikow, 1838 bis 1904,
russischer Chemiker,
Schüler und Mitarbeiter Butlerows,
stellte die Additionsregel für Halogenwasserstoffe
an ungesättigte Kohlenwasserstoffe auf

Lernt bei den Besten. Verfolgt die Entwicklung in Wissenschaft und Technik!“ [69; S. 56/57].

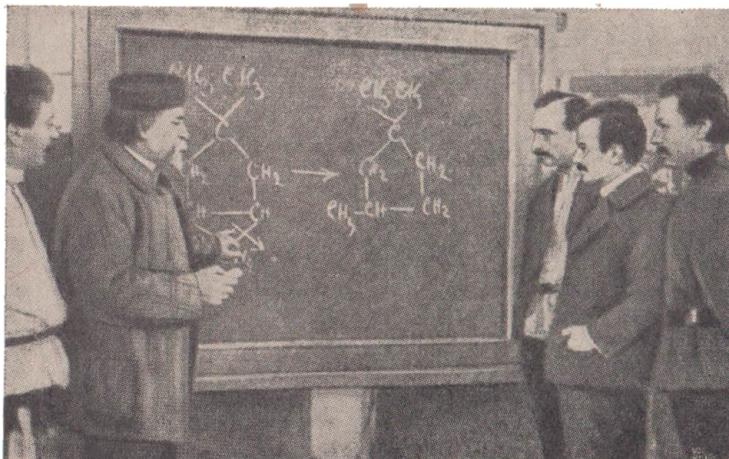
N. D. Selinski starb am 31. Juli 1953 als einer der geachtetsten und bedeutendsten Chemiker der Sowjetunion.

Selinskis wissenschaftliche Arbeiten waren sehr vielseitig. Er untersuchte Druckreaktionen, Polymerisationen, Kautschuksynthesen und katalytische Vorgänge, beschäftigte sich mit Kohlenwasserstoffen, praktischen Problemen der Erdölchemie und Atemschutztechnik und kam zu neuen Erkenntnissen über die Eiweißstoffe. Seine katalytischen Arbeiten, die er in den Jahren vor dem ersten Weltkrieg aufnahm, ließen ihn in der modernen organischen Chemie eigentlich erst zu einer markanten Persönlichkeit werden.

Um die Jahrhundertwende regten die Arbeiten *Ostwalds* die katalytischen Forschungen stark an. Man begann bald in der organischen Chemie mit dem Ziel, an bestimmte Kohlenwasserstoffe Wasserstoff anzulagern. An Stelle der einfachen präparativen Methoden der Halogenierung und Veresterung mittels Phosphor als Katalysator nutzte man nun die katalytische Wirkung von Metallen der VII. Nebengruppe des Periodensystems der Elemente. *Selinskis* Beitrag für die Entwicklung der heterogenen Katalyse besteht vor allem darin, daß er die Katalysatoren in feiner Form auf Trägersubstanzen (Asbest, Kohle) verteilte und so eine größere wirksame Fläche erhielt. Besonders wertvoll sind seine katalytischen Arbeiten im Hinblick auf ihre heutige praktische Bedeutung. So ist der *Selinski*-Katalysator ein Prototyp des heutigen Ni-Al₂O₃-Kontaktes für die Phenolhydrierung und für Isotopenaustauschreaktionen.

Selinski arbeitete vor allem über Kohlenwasserstoffe, wobei er sich besonders mit den Synthesen der Derivate des Zyklopentans und des Zyklohexans beschäftigte. Diese Synthesen spielen in der modernen Petrochemie eine Rolle und führen zur Aufklärung der Zusammensetzung und Qualitätsverbesserung der Vergaserkraftstoffe und anderer Benzine. Auch in den Benzinarten nicht enthaltene zyklische Kohlenwasserstoffe wurden untersucht und synthetisiert. Seine in das Jahr 1911 zurückreichenden Arbeiten über katalytische Hydrierungen und Dehydrierungen

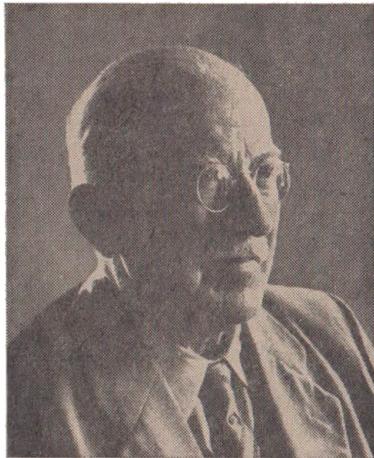
Nikolai D.
Selinski
im Kreise
seiner Schüler
1907 in Moskau



von Kohlenwasserstoffen wurden vor allem nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution gefördert. Er legte die Grundlage für die Aromatisierung der Zyklohexanderivate und fand dabei, daß die Alkane bei diesen Reaktionen im Gegensatz zu den Zykloalkanen nicht verändert werden. *Selinski* bezeichnete diese Erscheinung als selektive Katalyse. Sie wird heute für die Gewinnung aromatischer Kohlenwasserstoffe großtechnisch angewendet. Weitere Arbeiten *Selinskis* beschäftigten sich mit der Spaltung der Zyklopentane in Alkanderivate und der Umwandlung von Alkanen in aromatische Verbindungen. Für diese Reaktionen entwickelten er und seine Mitarbeiter mehrere Katalysatoren. Auch die Polymerisation des Äthins zum Benzol gehörte zu *Selinskis* Arbeitsgebiet. Ihm gelang es, die zunächst getrennt in den einzelnen homologen Reihen stehenden Kohlenwasserstoffe zu einer einheitlichen Stoffklasse zusammenzufassen, in der zwischen den einzelnen Verbindungen direkte Übergänge bestehen. Entscheidend für die Erkenntnis dieses Zusammenhangs waren die präparativen Arbeiten zu Beginn seiner wissenschaftlichen Tätigkeit und danach seine katalytischen Arbeiten.

Erwähnenswert sind auch seine Beiträge zur Entstehung des Erdöls. Er wies experimentell nach, daß organische Stoffe mit mittleren oder hohen Molekülmassen bei relativ tiefen Temperaturen durch Aluminiumchloridkatalysatoren in Gemische verschiedener Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden können. *Selinski* nahm deshalb an, daß in der Natur Erdöl entsteht, wenn sich organische Stoffe mit Tonen (Aluminium-Silizium-Verbindungen) lange Zeit berühren und gleichzeitig Mikroorganismen anwesend sind.

Ausgehend von der organischen Katalyse arbeitete *Selinski* auf dem Gebiet der Eiweißforschung und nahm folgerichtig an, daß die Eiweißhydrolyse bei der Verdauung ein katalytischer Prozeß sei. Er hydrolysierte Eiweißstoffe in Autoklaven mit verdünnter Salzsäure in relativ kurzer Zeit und erhielt dabei wasserlösliche Hydrolysate neben wasserunlöslichen Produkten (z. B. höhere Monokarbonsäuren und Sterine). In den wässrigen Hydrolysaten wies *Selinski* neben Aminosäuren auch deren zirkuläre Anhydride, die Diketopiperazine, nach. Durch besondere Versuche kam er zu der Ansicht, daß die Diketopiperazine nicht unter den Hydrolysebedin-



gungen aus Aminosäuren entstehen und somit bereits im Eiweiß vorhanden sein müssen. Damit trug *Selinski* hervorragend zur Erforschung der lebenstragenden Materie, der Eiweißstoffe, bei. Sein Schüler *N. I. Gawrilow* führte die Arbeiten weiter fort und nahm als Elementarbaustein der Eiweißstoffe ein Piperazintripeptid an. Dieses synthetische Produkt zeigt die wichtigsten analytischen Eiweißreaktionen und wird von den natürlichen Fermenten gespalten.

Die Sowjetunion ehrte *Selinski* oft und zeichnete ihn wiederholt aus. Bereits 1926 wurde ihm der Titel eines Verdienten Wissenschaftlers verliehen, und im Jahre 1929 wurde er ordentliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften. Die sowjetische Regierung ehrte ihn außerdem mit dem Titel „Held der Sozialistischen Arbeit“, zweimal mit dem Rotbanner-Orden, dreimal mit dem *Leninpreis* und viermal mit dem *Leninorden*.

Nach dem zweiten Weltkrieg setzte *Selinski* seine ganze Kraft für die Erhaltung des Friedens ein. Im Alter von fast 90 Jahren forderte der Nestor der sowjetischen Chemiker die Wissenschaftler in aller Welt in einem leidenschaftlichen Appell auf, „die Kriegsbrandstifter, diese Menschenfeinde, zu entlarven“, und appellierte weiter: „Die Vertreter der schöpferischen Arbeit und Kultur müssen neben den Vertretern aller Berufe einen gemeinsamen Kampf für einen dauerhaften Frieden in allen Teilen der Welt führen“ [69; S. 59].

Hermann Staudinger

Nachdem 1837 *Berzelius* den Begriff „Polymerie“ prägte, verging kaum ein halbes Jahrhundert, bis polymere Produkte die Aufmerksamkeit der Chemiker erregten. Schon 1860 beschreibt *Williams* die Bildung eines Isoprens, und wenige Jahre später (1872) findet *A. v. Baeyer* Reaktionsprodukte von klebriger Konsistenz bei der Kondensation von Phenol mit Aldehyd.

Die Fähigkeit dieser Stoffe zu polymerisieren wurde bald in großem Rahmen genutzt, und es waren vor allem die Elberfelder Farbwerke, die sich für die Polymerenchemie interessierten. Dabei waren die Methoden der praktischen Nutzung der

Kondensations- und Polymerisationsreaktionen sehr rasch gesichert, jedoch die theoretischen Grundlagen, die Kenntnisse vom Wesen der Polymerisation waren lange unbefriedigend. Noch etwa 50 Jahre nach *Baeyers* Entdeckung mußte festgestellt werden: „Die systematische Durcharbeitung und die Vertiefung der Kenntnis der Polymerie, d. h. der Fähigkeit der Moleküle, sich untereinander zu Polymolekülen zu verbinden, scheint . . . für die Fortentwicklung der chemischen Forschung von ebenso großer Bedeutung zu sein wie die Bestrebungen, die chemischen Atome in einfachere Bestandteile zu zerlegen. Diese beiden Forschungsrichtungen müssen sich ergänzen zur Vervollkommnung unserer Vorstellungen über den gesamten Stoffumsatz“ [70; S. 388].

Die Schaffung einer theoretischen Grundlage der Makromolekularen Chemie ist eng mit dem wissenschaftlichen Wirken von *Hermann Staudinger* verbunden, der 1953 für seine bahnbrechenden Arbeiten mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet wurde.

Hermann Staudinger wurde am 23. März 1881 in Worms geboren. Mit 18 Jahren legte er am Gymnasium seiner Heimatstadt das Abitur ab. Danach wollte er, seinen Neigungen entsprechend, ein Botanikstudium aufnehmen, wandte sich aber auf Anraten seines Vaters, des Gymnasiallehrers Prof. Dr. *Franz Staudinger*, dem Studium der Chemie zu. Er promovierte 1903 bei *Vorländer* in Halle mit einer Arbeit über „Anlagerung des Malonesters an ungesättigte Verbindungen“.

Von 1903 bis 1907 war *Staudinger* Assistent bei *Thiele* in Straßburg und habilitierte sich 1907 mit einer Arbeit über die Ketene. Diese Untersuchungen machten ihn so bekannt, daß er im gleichen Jahr – erst 26jährig – eine Berufung als Extraordinarius an die Technische Hochschule Karlsruhe erhielt, an der damals *Fritz Haber* und *Carl Engler* wirkten. *Staudinger* hatte die Gelegenheit, im Laboratorium von *Engler* zu arbeiten, dessen Persönlichkeit ihn tief beeindruckte. In Karlsruhe veröffentlichte er Arbeiten über Oxalylchlorid, Isopren, Butadien und aliphatische Kohlenwasserstoffe.

1912 folgte *Staudinger* einer Berufung an die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich als Nachfolger von *Richard Willstätter*. Die erste Zeit seiner Tätigkeit war

neben der umfangreichen Unterrichtsarbeit den Studien über die Diazoverbindungen gewidmet. Weiterhin entdeckte er die Phosphazine und stellte u. a. Untersuchungen über das Kaffearoma an.

Zu Anfang unseres Jahrhunderts waren die Ansichten über hochmolekulare Kohlenwasserstoffe im wesentlichen durch die von *Kekulé* entwickelten Gedanken beherrscht. Neben dem chemischen Wert, der Valenz, der die Anzahl der sich bindenden Atome bedingt, beeindruckte *Kekulé* noch eine „spezifische Intensität“, mit welcher diese Bindung geschieht. Er nahm eine „Molekular-Attraktion“ an, denn „nur so erklärt sich die Existenz jener endlosen Anzahl komplizierter Dinge, die man als Molekularadditionen oder als Moleköl höherer Ordnung auffaßt“ [71; S. 913].

Der Botaniker *Carl v. Nägeli* nahm an, daß die hochmolekularen Naturstoffe, wie Zellulose und Eiweiß, aus niedermolekularen Verbindungen bestünden, die durch „Micellarkräfte“ zusammengehalten würden.

Es schien unmöglich, durch physikalisch-chemische Methoden Molekülmassen über 5000 zu bestimmen. *Emil Fischer*, der sich bei seiner Eiweißforschung mit großen Molekülen befassen mußte, war fest davon überzeugt, daß seine synthetischen Eiweißverbindungen mit der Molekülmasse 4021 die größten vorkommenden Moleküle seien. Noch zu Beginn der zwanziger Jahre waren diese Anschauungen vorherrschend. Verbindungen wie Zellulose, Kautschuk und Stärke betrachtete man als aus verhältnismäßig kleinen Molekülen bestehend, die durch besondere Assoziationskräfte zusammengehalten würden.

In Zürich begann *Staudinger* sich mit natürlichen und synthetischen makromolekularen Substanzen zu beschäftigen. Mitte der zwanziger Jahre erkannten *Staudinger* und seine Schule die grundlegenden Gesetze, die ein Verständnis der Eigenschaften mancher Naturstoffe wie der Zellulose und des Kautschuks ermöglichen und die zur Synthese neuer Stoffe anregten, die heute im größten Umfang eingesetzt werden.

Staudinger gelang es, als gemeinsames Bauprinzip zahlreicher Natur- und Kunststoffe den makromolekularen Aufbau zu erkennen und Wege zur Untersuchung und Synthese solcher Stoffe zu zeigen. 1921 konnte er zeigen, daß es sich beim Kautschuk

Richard Willstätter, 1872 bis 1942,
Professor für organische Chemie
in Zürich, Berlin und München,
Nobelpreis für Chemie 1915
für Arbeiten über pflanzliche Pigmentstoffe



und anderen kolloiden Stoffen in Wirklichkeit um Verbindungen handelt, deren Moleküle aus ungeheuer viel (Tausenden bis zu Millionen) Atomen zusammengesetzt sind, die durch die gewöhnlichen Valenzkräfte miteinander verbunden sind. In den Jahren 1920 bis 1922 führte *Staudinger* dann mit *J. Fritschi* die Hydrierung von Kautschuk durch. Sie gelangten zu einem Hydrokautschuk, der sich als kolloid löslich erwies. Diese kolloide Löslichkeit des Kautschukmoleküls wurde mit der Betätigung von Valenzkräften begründet. 1922 schlug *Staudinger* für derartige Moleküle den Begriff „Makromoleküle“ vor. Die Bildung derartiger Moleküle erklärte *Staudinger* in Übereinstimmung mit der *Kekuléschen* Strukturlehre durch die Bindefähigkeit der Kohlenstoffatome mit sich und den anderen Elementen der organischen Chemie.

Auf der Naturforschertagung 1926 in Düsseldorf legte *Staudinger* dann seine Ansichten über die Bildung von Makromolekülen dar. Seine Ausführungen erregten großes Aufsehen, stießen aber auch weitgehend auf Ablehnung. Der Nobelpreisträger für Chemie des Jahres 1927, *Heinrich Wieland*, äußerte *Staudinger* gegenüber: „Lieber Herr Kollege, lassen Sie doch die Vorstellung mit den großen Molekülen, organische Moleküle mit einem Molekulargewicht über 5000 gibt es nicht. Reinigen Sie Ihre Produkte, wie zum Beispiel den Kautschuk, dann werden diese kristallisieren und sich als niedermolekular erweisen“ [70; S. 79].

In diesen Jahren waren Ergebnisse bekannt geworden, die die alte Auffassung der Assoziation von kleinen Molekülen zu stützen schienen. Ergebnisse von Röntgenuntersuchungen führten zur Feststellung der Elementarzellen der kristallisierten Zellulose. Nach diesen Untersuchungen sollte das Molekül nicht größer sein als die Elementarzelle, was ja bei niedermolekularen Stoffen auch zutrifft.

Nach *Nägeli* entsprachen die Micellen den kleinsten Kristallen in organisierten Stoffen. In der Chemie der Hochmolekularen war dieser Begriff aber anders zu formulieren. *Staudinger* stellte fest: „Unter einer Micelle ist ein Kolloidteilchen zu verstehen, das aus zahlreichen kleineren Molekülen aufgebaut ist, die unter sich durch *van der Waalssche* Kräfte zusammengehalten werden“ [70; S. 55].

Es ist das Verdienst *Staudingers*, mit der begrifflichen Erfassung der „Makromole-



Heinrich Wieland, 1877 bis 1957,
Professor für Chemie in München,
Nobelpreis für Chemie 1927
für Untersuchungen über die Konstitution
der Gallensäure und verwandter Substanzen

külkolloide“ beziehungsweise der Klasse der Hochpolymeren die theoretische und praktische Bedeutung der Molekulardimensionen dieser Stoffe erkannt und hervorgehoben zu haben, zugleich aber auch bestrebt gewesen zu sein, auf einem neuen Wege eine physikalische Methode zur zahlenmäßigen Bestimmung der Molekülmasse dieser Makromoleküle zu schaffen.

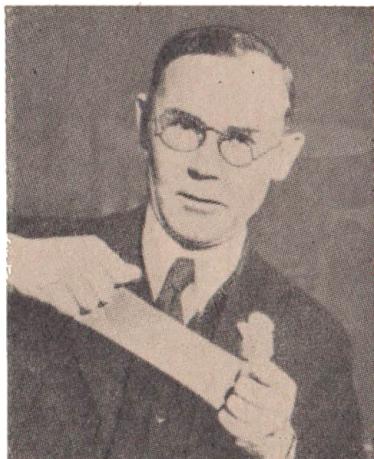
Durch die synthetisch hergestellten Polyoxymethylene konnte *Staudinger* später den Beweis erbringen, daß die röntgenographische Methode der Ermittlung der Elementarzellen keinen Rückschluß auf die Molekülgröße hochmolekularer Verbindungen erlaubt. Die Untersuchungen zeigten, daß Polyoxymethylene lange Molekülketten besitzen, in der Elementarzelle wurden aber nur vier $\text{CH}_2\text{-O-}$ -Gruppen festgestellt.

In seinen Arbeitserinnerungen schreibt *Staudinger* über die Wege, die Existenz der Makromoleküle nachzuweisen. Ihm kam es darauf an, neue Methoden auszuarbeiten, denn offensichtlich reichten die bisher bekannten an niedermolekularen Stoffen unzählige Male praktizierten Untersuchungsmethoden für den Nachweis der Makromoleküle nicht aus.

Den Beweis für die Existenz sogenannter „Makromolekeln“ erbrachten *Staudinger* und seine Mitarbeiter durch den Nachweis, daß die „Makroradikale“ unverändert von einer Verbindung in eine andere übergehen. Die Makromoleküle erwiesen sich als identisch mit den Kolloidteilchen, die man sich aus „Micellen“ zusammengesetzt gedacht hatte. Quellbarkeit und Viskosität waren die Kriterien der Polymerisationsprodukte, und *Staudinger* selbst lieferte Beiträge zur quantitativen Beziehung zwischen Viskosität und Molekülmasse.

Staudinger stellte zur Aufklärung des Baus bestimmter Naturstoffe synthetische Modellsubstanzen her. Dadurch wurden die wesentlichen Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge festgestellt, die vorhanden sein müssen, damit sich Makromoleküle bilden können. In mehr als 400 Veröffentlichungen legte *Staudinger* die Ergebnisse und Probleme seiner Untersuchungen dar. Darunter befinden sich u. a. Berichte über Viskositätsbestimmungen, Endgruppenbestimmungen, Umwandlungen von makromolekularen Stoffen in ihre Derivate und Auseinandersetzungen mit seinen wissenschaftlichen Gegnern, die die Existenz von Makromolekülen in Frage stellten.

Wallace H. Carothers, 1896 bis 1937,
Chemiker bei dem US-Chemiekonzern Du Pont,
entwickelte die Grundlagen
der vollsynthetischen Faser (Nylon, Perlon),
schied aus Verbitterung über die Methoden
der Chemiekonzerne freiwillig aus dem Leben



Wenn sich auch einige Auffassungen *Staudingers* nicht aufrechterhalten ließen, zum Beispiel sprach er sich anfangs gegen die Molekülassoziation in verdünnten und konzentrierten Lösungen von Polymeren aus und nahm auch an, daß die Kettenmoleküle ziemlich starre Stäbchen wären, so waren es doch seine zahlreichen bahnbrechenden Untersuchungen auf präparativem Gebiet wie auf dem der physikalischen makromolekularen Chemie, die ihm allgemeine Anerkennung verschafften. Die Polymerisationsvorgänge gewannen eine hervorragende Bedeutung für die Industrie und Wirtschaft. Seit Beginn unseres Jahrhunderts hatte die chemische Großindustrie Interesse an hochmolekularen Stoffen gefunden. In Amerika begann man die technische Darstellung der Kunstharze. *L. H. Baekeland* baute auf den alten Versuchen von *Adolf v. Baeyer* aus dem Jahre 1872 auf. So wurde die Kondensation von Phenol mit Aldehyd zum Ausgangspunkt einer großen Industrie.

In den Farbwerken Elberfeld veranlaßte *C. Duisberg* den Chemiker *Fritz Hofmann*, anschließend an die Arbeit von *Harries* über den Kautschuk, die Polymerisation von Isopren zu Kautschuk einer technischen Anwendung zugänglich zu machen.

In der Auswertung der Arbeiten *Staudingers* wurde die Entwicklung und Herstellung von synthetischen Hochpolymeren mit wachsender Intensität betrieben, während noch die wissenschaftlichen Auseinandersetzungen über die Richtigkeit der Theorie der Makromoleküle geführt wurden.

1926 wurde *Staudinger* als Ordinarius für Chemie an die Universität Freiburg berufen. Bis 1950 leitete er an dieser Universität das Institut für makromolekulare Chemie. Viele bedeutende Vertreter der makromolekularen Chemie, wie *W. Kern*, *R. Signer* und *O. Schweitzer*, sind aus diesem Institut hervorgegangen.

Die Arbeiten *Staudingers* fanden breite internationale Anerkennung, nicht zuletzt durch den Nobelpreis für Chemie. Sechsmal wurde ihm die Ehrendoktorwürde verliehen. Er war Mitglied vieler wissenschaftlicher Gemeinschaften. Am 8. September 1965 starb *Hermann Staudinger* in Freiburg im Breisgau.

Staudinger verkörpert den Typ des humanistischen Wissenschaftlers. Er fühlte sich stets mitverantwortlich für die friedliche Anwendung der Ergebnisse der Wissenschaft. Seine humanistischen Gedanken brachte er in einer Reihe von Veröffent-

lichungen zum Ausdruck. In dem 1947 erschienenen Buch „Vom Aufstand der technischen Sklaven“ lehnt *Staudinger* die „Dolchstoßlegende“ des ersten Weltkrieges entschieden ab und stellt heraus, daß diese Legende mit dazu beitrug, die „geistige Atmosphäre“ für einen zweiten Weltkrieg zu schaffen. In dieser Arbeit spricht sich *Staudinger* auch entschieden gegen den Krieg aus. Er schreibt: „Gerade die Frage des Krieges . . . kann heute . . . nicht durch den Hinweis beantwortet werden, daß es immer Kriege gegeben hat und daß auch in Zukunft bei der Natur der Menschen Kriege wohl nicht aufhören würden“ [72; S. 101]. Er bezeichnet „den dauerhaften Frieden als eine Aufgabe der gesamten Menschheit, die heute und gerade heute gelöst werden muß“ [72; S. 40].

Physikalische Chemie

Robert Wilhelm Bunsen

Robert Wilhelm Bunsen gehörte zu den großen deutschen Chemikern des 19. Jahrhunderts. Er ist der eigentliche Begründer der physikalisch-chemischen Arbeitsrichtungen. Durch seine Arbeiten hat er wesentlich zur Entwicklung der experimentellen Naturwissenschaften und auch der Entwicklung der materiellen Produktion beigetragen und zugleich durch seine Forschungsergebnisse die Herausbildung eines materialistischen Weltbildes gefördert.

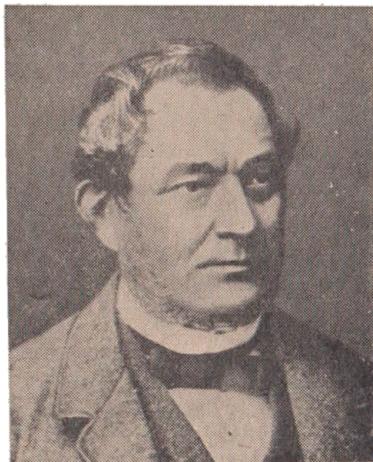
Robert Wilhelm Bunsen wurde am 31. März 1811 in Göttingen geboren. Aus einer gebildeten und recht vermögenden Familie stammend – sein Vater war in Göttingen Universitätsprofessor und Bibliothekar –, genoß er eine ausgezeichnete Schulbildung an den Gymnasien in seiner Heimatstadt und in Holzminden.

1828 bezog er die Universität Göttingen und studierte Chemie, Physik, Geologie, Mineralogie, Botanik, Anatomie und Mathematik. Sein Lehrer in Chemie war *Stromeyer*, der Entdecker des Kadmiums. Als Zwanzigjähriger promovierte *Bunsen* mit einer Arbeit über Meßgeräte.

Während einer Reise durch mehrere Länder Europas in den Jahren 1832 bis 1833 lernte er bedeutende Chemiker dieser Zeit kennen, betrieb geologische Studien und besuchte Fabriken. Längere Zeit hielt er sich in Paris auf, wo er an Kursen der *Ecole Polytechnique* teilnahm. 1833 habilitierte *Bunsen* sich als Privatdozent in Göttingen. Im Jahre 1836 übernahm er *Wöhlers* Stelle als Lehrer für Chemie an der höheren Gewerbeschule in Kassel.

Hier begann er den ersten großen Komplex seiner Forschungen, die Arbeiten über organische Arsenverbindungen. Höhepunkte waren die Untersuchungen über die Arsine (1837 bis 1843), die grundlegende theoretische und praktische Fragen der jungen organischen Chemie berührten. *Bunsen* erhitzte Dimethylarsinchlorid (Kakodylchlorid) mit Zink und Kohlendioxid und erhielt so das Tetramethyldiarsin (Kakodyl), dessen Gruppe $(CH_3)_2As$ er als Kakodyl-Radikal bezeichnete. Diese Arbeit stärkte die Auffassung von den Radikalen als Grundkörper organischer Verbindungen, die nach *Liebigs* und *Wöhlers* berühmter Abhandlung entstanden war.

Bei den Arbeiten mit dem gefährlichen Dimethylarsinzyanid (Kakodylzyanid) kam es zu einer Explosion, und *Bunsen* erlitt ein bleibendes Augenleiden sowie eine vor-



übergehende Vergiftung. Er untersuchte dennoch die Arsine weiter. Andere Themen der organischen Chemie bearbeitete *Bunsen* nicht.

Die Marburger Universität berief *Bunsen* im Jahre 1839 zum außerordentlichen Professor und Direktor des chemischen Instituts, bereits 1841 wurde er ordentlicher Professor. In Marburg beschäftigte er sich mit der Elektrochemie und mit Gasuntersuchungen und kam so zu Problemen der angewandten und physikalischen Chemie, die ihn zeitlebens interessierte.

Mineralogische und geochemische Untersuchungen, die er 1846 im Auftrag der dänischen Regierung übernommen hatte, führten ihn auch nach Island.

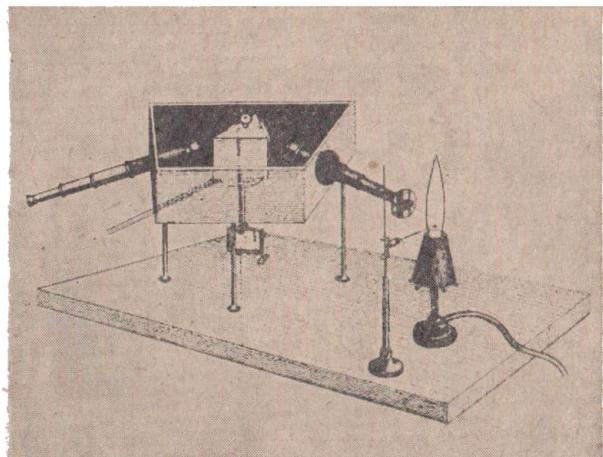
1851 wurde er nach Breslau berufen, das er aber bereits 1852 wieder verließ, um einem Ruf nach Heidelberg zu folgen, wo er den Lehrstuhl des verstorbenen *L. Gmelin* übernahm. Hier arbeitete er gemeinsam mit dem Physiker *G. R. Kirchhoff* die Methoden der Spektralanalyse aus. Eine Berufung nach dem Tod von *Mitscherlich* und *Rose* an die Universität Berlin lehnte *Bunsen* ab, da er nicht „unter dem Regime des Herrn von *Bismarck*“ leben wollte. Er blieb bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1889 der Universität Heidelberg treu. Er starb am 16. August 1899 in Heidelberg.

Bunsen war ein ausgezeichneter Lehrer. Wie einst *Liebigs* Laboratorium in Gießen, wurde das Heidelberger Laboratorium *Bunsens* das Ziel vieler Chemiestudenten, in dem er mehrere bedeutende Chemiker und Universitätslehrer ausbildete. In Marburg waren *Frankland*, *Tyndall* und *Kolbe* seine Schüler, in Heidelberg studierten bei ihm *Roscoe*, *Schorlemmer*, *Erlenmeyer*, *Lothar Meyer* und *Victor Meyer*, *Mendelejew*, *Auer von Welsbach*, *Adolf von Baeyer* und andere.

Für die Laboratoriumsarbeit und für Demonstrationsversuche in den Vorlesungen führte er wichtige, oft erstaunlich einfache Geräte ein, zum Beispiel das Fettfleckphotometer und das *Bunsenventil*. Der *Bunsenbrenner* wurde zu dem in jedem Laboratorium üblichen Heizgerät für chemische Versuche. Außerdem entwickelte er die Wasserstrahlpumpe und verschiedene Kalorimeter.

Bunsens bedeutendstes Arbeitsergebnis ist die Entdeckung der Spektralanalyse, die ihm mit seinem Freund *Kirchhoff* 1859 bis 1860 gelang. Diese Arbeit beweist den großen Nutzen der Zusammenarbeit zwischen Chemikern und Physikern.

Spektralapparat
von R. W. Bunsen
und G. R. Kirchhoff
(1859)



Bunsen untersuchte in der entleuchteten Flamme seines Brenners unterschiedliche Stoffe und zerlegte durch ein Prisma das Licht, das die Flamme ausstrahlte. Er stellte zunächst fest, daß die gelbe Natriumlinie und die D-Linie des Sonnenlichtes die gleiche Wellenlänge haben. Gemeinsam mit *Kirchhoff* fand er die Koinzidenz von 70 Linien des Sonnenspektrums mit Spektrallinien bestimmter chemischer Elemente. *Kirchhoff* folgerte aus der Übereinstimmung der *Frauenhöferschen* Linien mit speziellen Spektren: „Für Strahlen ein und derselben Wellenlänge bei derselben Temperatur ist das Verhältnis des Emissionsvermögens zum Absorptionsvermögen bei allen Körpern gleich“ [73; S. 784]. Durch die Spektralanalyse erweiterte sich die Zahl der bekannten Elemente rasch. Damit bereitete *Bunsens* und *Kirchhoffs* Entdeckung die Systematisierung der chemischen Grundstoffe vor.

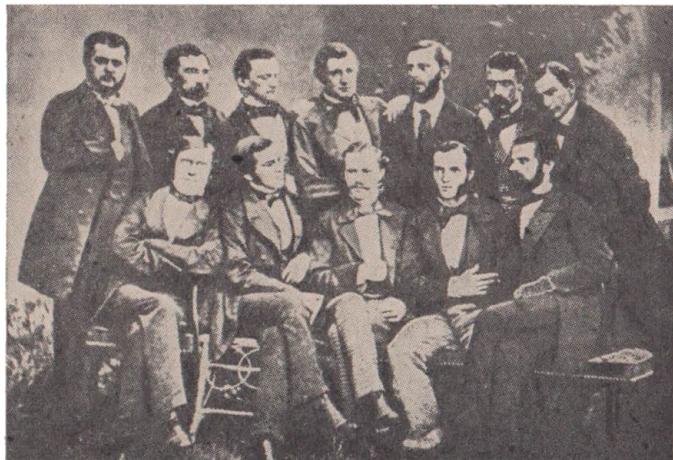
Bereits 1860 entdeckte *Bunsen* bei den spektralanalytischen Untersuchungen des Dürkheimer Mineralwassers das Zäsim und 1861 in einem sächsischen Lepidolith das Rubidium. Im gleichen Jahre erkannte der Engländer *Crookes* mittels der Spektralanalyse im Bleikammerschlamm einer Schwefelsäurefabrik als erster das Thallium. Nur zwei Jahre später führten spektralanalytische Untersuchungen *Reich* und *Richter* zur Entdeckung des Indiums. Mit dem gleichen Analysenverfahren wurden auch einige Edelgase, einige Aktinide sowie die Elemente Skandium und Gallium gefunden.

Mit Hilfe der Spektralanalyse wurde es möglich, die chemische Zusammensetzung der Gestirne trotz großer Entfernung von der Erde aus zu erforschen. Dabei erkannten die Astrophysiker, daß die chemischen Elemente, die auf den Himmelskörpern vorkommen, mit den auf der Erde bekannten identisch sind. Damit wurden dem Agnostizismus wesentliche Stützen entzogen und ein wichtiger Beitrag zur Bestätigung der materialistischen These von der materiellen Einheit der Welt in bezug auf die chemische Zusammensetzung geleistet.

Die Forschungen *Bunsens* dienten immer einem praktischen Zweck. Das zeigte bereits seine erste, gemeinsam mit dem Arzt *A. A. Berthold* veröffentlichte Arbeit über das frisch gefällte Eisenhydroxid als Gegenmittel bei Arsenvergiftungen.

Technische Probleme, wie die Untersuchung der Roheisenherstellung und der Gicht-

Robert Bunsen
mit seinen Studenten
1855 in Heidelberg,
auf dem Bilde u. a.
Roscoe, Lothar Meyer,
Beilstein, Landolt,
Kekulé



gase, waren unter anderem der Anlaß zur Ausarbeitung der Gasanalyse. Diese Arbeiten sollten klären, auf welche Weise sich die Gichtgase zu Heizzwecken benutzen ließen und wie hoch der Energieverlust war, wenn die Gichtgase ungenutzt blieben. *Bunsen* führte seine Untersuchungen im Auftrag der englischen Hüttenindustrie durch, die mit der Verwendung von Koks im Hochofen vor neuen technischen und ökonomischen Problemen stand. *Bunsen* schuf hierdurch die wissenschaftlichen Grundlagen für den späteren Bau von Winderhitzern durch *Cowper* (1857). Durch diese technische Neuerung konnten bei der Roheisenherstellung bedeutende Mengen Koks eingespart werden. Die Kapazität der Hochöfen konnte vergrößert werden, ohne daß dazu bedeutende bauliche Veränderungen nötig wurden. In den Jahren von 1838 bis 1845 untersuchte *Bunsen* die Hochofengase und verbesserte dabei die bis dahin unzureichenden Mittel zur Trennung und Messung der Gase. Er hat nicht nur die Methoden zur Gasmessung und Gasbestimmung ausgearbeitet, er hat sich auch für die praktische Nutzung derselben in der Hüttenindustrie eingesetzt. Hierdurch erwarb er sich große Verdienste um die Metallurgie des Eisens, was in dieser Zeit stürmischen industriellen Aufstiegs für die Entwicklung der Hüttenindustrie von großer Bedeutung war. Im Jahre 1857 veröffentlichte er unter dem Titel „Gasometrische Methoden“ das erste Lehrbuch der Gasanalyse. Im gleichen Jahr untersuchte er mit *Schischkow* die Verbrennungsvorgänge des Schießpulvers.

Bunsen erforschte tiefgehend elektrochemische Vorgänge. Er ersetzte die teuren Edelmetall- oder Halbedelmetallplatten galvanischer Elemente durch Kohleplatten und entwickelte das Kohle-Zink-Element. Mit Batterien solcher Elemente stellte er durch Schmelzflußelektrolyse größere Mengen Magnesium (1852) und Aluminium (1854) dar und trug mit zur Entwicklung der Metallurgie dieser Leichtmetalle bei. Aber auch in anderer Richtung spielten Leichtmetalle in seinen Arbeiten eine Rolle. Er untersuchte das Licht des brennenden Magnesiums und wandte sich damit photochemischen Themen zu. Die Photosynthese des Chlorwasserstoffs aus den Elementen, die er gemeinsam mit seinem Schüler *Roscoe* untersuchte, ist ein experimentelles Meisterwerk. Im Jahre 1862 fanden beide für bestimmte photochemische Vorgänge



quantitative Beziehungen, die im *Bunsen-Roscoeschen* Gesetz formuliert sind. Dieses Gesetz wird in der Photographie berücksichtigt, wenn zum Beispiel die Belichtungszeit in Abhängigkeit von den Helligkeitswerten des Objekts zu bestimmen ist. Durch *Bunsens* und *Roscoes* gemeinsame Untersuchungen wurde die messende Photochemie begründet.

Bunsen war kein Freund großer Ehrungen, die ihm in seinem Leben reichlich zuteil wurden. Eine bleibende Ehrung seiner Leistungen war der Vorschlag *W. Ostwalds*, die „Gesellschaft für Elektrochemie und physikalische Chemie“ in „Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Elektrochemie und physikalische Chemie“ umzubenennen.

Bunsen war stets hilfsbereit, in seinem Denken liberal und edel in seinem Handeln. Er war einer der letzten großen Forscher und Lehrer des 19. Jahrhunderts, dem bedeutende Entdeckungen zum Wohle der Menschheit gelangen. Sein Schüler *Tyndall* sagte über ihn, er käme dem Ideal eines Hochschullehrers am nächsten.

Henry Le Chatelier

Im 19. Jahrhundert nahm die Zahl der bekannten chemischen Elemente und Verbindungen beträchtlich zu. Es wurden grundlegende chemische Gesetzmäßigkeiten entdeckt und für die Chemie bedeutsame Theorien entwickelt. Physikalische Methoden, mit denen chemische Erscheinungen zunehmend untersucht wurden, förderten die Entwicklung der chemischen Wissenschaft und die Entstehung einer selbständigen Physikalischen Chemie. Ergebnisse dieser Arbeiten sind die Erkenntnisse über die Beziehungen zwischen Siedetemperatur und Konstitution chemischer Verbindungen sowie über elektrochemische Erscheinungen, die Photochemie, die Thermochemie und wissenschaftliche Einsichten in das quantitative Geschehen chemischer Reaktionen.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entstand in Anlehnung an die Physik eine neue Arbeitsrichtung, die chemische Thermodynamik. Wesentliche Impulse für die Entwicklung der physikalischen Chemie, speziell der Thermodynamik, gingen von der chemischen Industrie aus, die das Sortiment und die Menge ihrer Erzeugnisse

bedeutend erweiterte. Der Umfang der metallurgischen Produktion war zum Beispiel ein Maßstab für die industrielle Entwicklung eines Landes und wurde daher besonders gefördert. Den gesellschaftlichen Interessen und den Profitinteressen der Kapitalisten entsprachen somit Naturwissenschaftler, die metallurgische Verfahren (Hochofenprozeß, Stahlerzeugung u. a.) grundlegend untersuchten, damit größere Mengen Stahl von besserer Qualität ohne erheblichen zusätzlichen Aufwand erzeugt werden konnten.

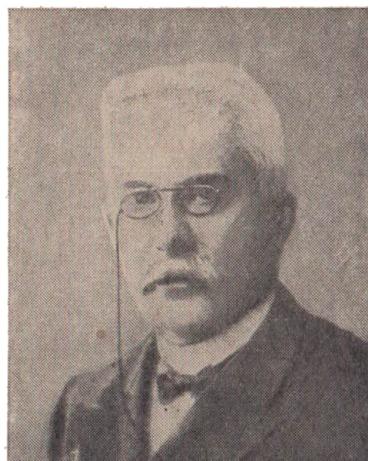
Die Lehre vom chemischen Gleichgewicht arbeiteten auf thermodynamischer Grundlage *Henry Le Chatelier, Horstmann, van't Hoff, Gibbs* und andere Chemiker und Physiker aus.

Henry Le Chatelier wurde am 7. Oktober 1850 als Sohn eines Bergingenieurs geboren. Sein Vater, der wesentlichen Anteil am Aufbau des französischen Eisenbahnwesens hatte, regte ihn frühzeitig zu mathematischen und chemischen Studien an. 19jährig bezog *Le Chatelier* die École Polytechnique und anschließend die École national Supérieure des Mines. Daneben arbeitete er im Laboratorium von *Sainte-Claire Deville* und hörte Vorlesungen am Collège de France. *Le Chatelier*, der gleichzeitig Naturwissenschaften, Technik und auch gesellschaftswissenschaftliche Gebiete studierte, wurde ein vielseitig gebildeter Wissenschaftler. Zeit seines Lebens hat er neben seinen vielseitigen naturwissenschaftlichen Interessen den Geisteswissenschaften und den alten Sprachen Hochachtung entgegengebracht.

Nach Abschluß seines Studiums ging er als Bergbauingenieur nach Algerien, das die französischen Kapitalisten als eroberten Kolonialbesitz ausbeuteten. Seit dem Jahre 1877 unterrichtete er an der École des Mines allgemeine und industrielle Chemie, bis er im Jahre 1907 Nachfolger von *Moissan* an der Sorbonne wurde.

Als *Le Chatelier* im Jahre 1919 aus dem akademischen Lehramt ausschied, stellte er seine wissenschaftliche Arbeit nicht ein. Bis zu seinem Tode am 17. September 1936 galt sein besonderes Interesse der Leitung der von ihm im Jahre 1904 gegründeten „*Revue de Metallurgie*“.

Le Chateliers ausgezeichnete Vorlesungen waren klar und verständlich aufgebaut und daher bei den Studenten sehr beliebt. Von Beginn seiner wissenschaftlichen

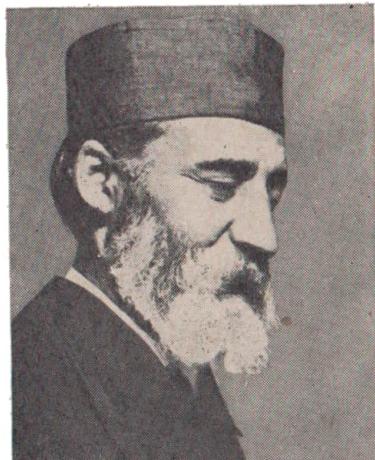


Tätigkeit an war er bemüht, sein gesamtes Arbeitsgebiet vom Standpunkt der Thermodynamik darzustellen. Darüber schrieb er im Jahre 1897: „Meine wissenschaftlichen Arbeiten liegen auf zwei Gebieten, die auf den ersten Blick sehr verschieden erscheinen: auf dem der chemischen Mechanik und dem der industriellen Chemie. Tatsächlich haben aber diese beiden Zweige der Chemie zahlreiche Berührungs-punkte. Die Gesetze der chemischen Mechanik beherrschen nicht minder die Vor-gänge der chemischen Industrie wie die Reaktionen des wissenschaftlichen Labora-toriums . . .“ [74; S. 123/124].

Er war einer der ersten Chemiker, die systematisch chemisch-technische Verfahren wissenschaftlich durchforschten. Er untersuchte den Heizwert der Brennstoffe, Pro-bleme der Metallurgie und der Metallographie, hydraulische Bindemittel und keramische Erzeugnisse.

Le Chateliers bedeutendsten physikalisch-chemischen Arbeiten beschäftigten sich mit dem Einfluß von Druck und Temperatur auf chemische Gleichgewichtsreaktionen. Im Anschluß an die Arbeiten von *Horstmann*, der den Dissoziationsvorgang thermo-dynamisch berechnete, und von *J. W. Gibbs*, der das System der Thermodynamik der chemischen Gleichgewichte aufstellte, formulierte er im Jahre 1884 das nach ihm benannte Prinzip, das quantitative Aussagen über die Beeinflußbarkeit chemischer Gleichgewichtsreaktionen beinhaltet.

Zur gleichen Zeit, zu der *Le Chatelier* seine Untersuchungen durchführte, unternahm der Tübinger Ordinarius für Experimentalphysik *Ferdinand Braun* Versuche über die Löslichkeit fester Stoffe in Abhängigkeit vom Druck. Aus diesen Versuchen for-mulierte *Braun* Beziehungen zwischen Löslichkeit und Druck und kam zu einem theoretischen Satz, den er 1887 in *Ostwalds* „Zeitschrift für physikalische Chemie“ ver öffentlichte. Dieser „Allgemeine qualitative Satz über Zustandsänderungen“ hatte jedoch den Nachteil, daß er im Prinzip dasselbe aussagte, was zuvor bereits *Le Chatelier* festgestellt hatte. *Braun* äußerte sich selbst dazu: „Als ich die Notiz für die Zeitschrift für physikalische Chemie schrieb, hielt ich diesen Satz für neu, ich ersah erst später bei genauer Durchsicht der Literatur, daß er schon 1884 von Herrn *Le Chatelier* ausgesprochen wurde“ [75; S.107]. *Braun* hielt als Beispiel für seinen



Henri Moissan, 1852 bis 1907,
französischer Chemiker,
entwickelte einen elektrischen Ofen zur Gewinnung
von Karbiden, Oxiden, Siliziden und Boriden,
Nobelpreis für Chemie 1906

Satz fest, daß bei der Einwirkung äußeren Zwanges (z. B. des Druckes) auf ein im Gleichgewicht befindliches System dieses immer in der Richtung des „geringsten Widerstandes“ nachgebe. An Hand der Beispiele wollte *Braun* seinen Satz auf eine Vielzahl von Systemen ausdehnen. *Le Chatelier* hatte jedoch seinen Satz nur auf Systeme im „chemisch-stabilen Gleichgewicht“ bezogen.

Zu der Zeit, als *Braun* seine Behauptungen aufstellte und diese bekannt wurden, war man davon so angetan, daß man wegen seiner Erweiterung des *Le Chatelier*-schen Prinzips dieses als „*Le Chatelier-Braun-Prinzip*“ bezeichnete. Im Laufe der Zeit erwies sich aber dieses Prinzip nur gültig für die von *Le Chatelier* angegebene Klasse von Systemen, so daß der Name *Braun* heute wieder im wissenschaftlichen Sprachgebrauch für das Prinzip weggelassen wird.

Über die wissenschaftliche Leistung *Le Chateliers* heißt es im Nachruf der Deutschen Chemischen Gesellschaft: „*Le Chatelier* gebührt zweifellos das Verdienst, das er mit dem gleichzeitig in derselben Richtung arbeitenden *van't Hoff* teilt, gezeigt zu haben, wieweit eine chemische Reaktion Arbeit leisten kann, wieweit sie ‚bewegende Kraft‘ besitzt . . .“ [74; S.124]. (Der Ausdruck „bewegende Kraft“ wurde im Anschluß an die Arbeiten von *Sadi Carnot* gebraucht.)

Le Chatelier untersuchte in der folgenden Zeit, wie Änderungen der Temperatur oder des Druckes Gleichgewichte beeinflussen können und stützte sein Prinzip durch zahlreiche quantitative Experimente, die das Gleichgewicht zwischen festen Salzen und ihren Lösungen, die thermische Dissoziation des Kalziumkarbonats und metallurgische Probleme zum Gegenstand hatten.

Le Chatelier bewies mit seinen umfangreichen Untersuchungen, daß die wissenschaftliche Grundlagenforschung die Entwicklung der Technik förderte.

Er untersuchte das chemische Gleichgewicht bei der Darstellung von Bariumperoxid aus Bariumoxid und Sauerstoff in Abhängigkeit von der Temperatur und vom Druck. Damit arbeitete er physikalisch-chemische Grundlagen für die technische Bariumperoxidherstellung aus, die lange Zeit eine Voraussetzung für die Erzeugung von Wasserstoffperoxid war.

Er führte den trockenen Bauxitaufschluß mit Natriumkarbonat, den *Sainte-Claire*

Ferdinand Braun, 1850 bis 1918,
Physiker,
Nobelpreis für Physik 1909



Deville 1859 entwickelt hatte, für die industrielle Aluminiumerzeugung ein. Dadurch wurde der Bauxit für die Aluminiumherstellung erschlossen, der allmählich Aluminiumsulfat und Aluminiumchlorid als Ausgangsstoffe verdrängte. In verbesserter Form wird dieses Verfahren noch heute in Verbindung mit dem später entwickelten *Bayer*-Verfahren angewendet.

Bereits im Jahre 1880 interessierte ihn die hydraulische Härtung des Zements. Die bisherigen chemisch-analytischen Untersuchungen über das Brennen und Erhärten des Zements reichten nicht aus, um alle diese komplizierten Vorgänge zu klären. *Le Chatelier* wandte nun mineralogische Methoden an und benutzte für seine Untersuchungen das Polarisationsmikroskop. Als Ergebnis praktischer Arbeiten entwickelte er eine Theorie der Zementhärtung, die Kristalltheorie. Danach bindet Zement ab, weil sich die Kristalle der Hydrate, die bei diesem Vorgang entstehen, verflechten. In der Baustoffherstellung ist auch die *Le-Chatelier*-Probe bekannt. Dabei läßt man einen reinen Zementbrei, der von einem Metallring umgeben ist, 6 Stunden abbinden. Der Ring wird auseinandergetrieben, und die Vergrößerung des Umfanges ist dann ein Maß für eine Beurteilung der Raumbeständigkeit des Baustoffs.

In den Jahren 1895 bis 1901 untersuchte *Le Chatelier* die elektrische Leitfähigkeit von Legierungen und fand, daß sie bei einem grob mechanischen Gemisch aus zwei Komponenten eine additive Eigenschaft der Masseprozente beider Komponenten war. Er stellte außerdem fest, daß bei einer isomorphen Mischung schon geringe Zusätze der einen oder der anderen Komponente die Leitfähigkeit stärker herabsetzen, als theoretisch zu erwarten war. Für reine Metalle stellte er eine relativ hohe Leitfähigkeit fest.

Le Chatelier lebte in einer wissenschaftlich ereignisreichen Zeit. Während seines Lebens entwickelten sich die physikalische Chemie und die chemische Technologie aus ihren Anfängen zu selbständigen Disziplinen, die allseitig ausgebildet waren. *Le Chatelier* trug durch sein Werk zu dieser Entwicklung bei, ihm blieben aber die Ehren versagt, die anderen Chemikern seiner Zeit zuteil wurden. Sein Name trat überall hinter denen anderer Chemiker zurück, denen er den Weg mit bereiten half.

Wilhelm Friedrich Ostwald

Zu den Naturforschern, die um die Jahrhundertwende Hervorragendes für die Entwicklung der Chemie geleistet haben, gehört *Wilhelm Friedrich Ostwald*. Sein Laboratorium für physikalische Chemie in Leipzig war die Ausbildungsstätte einer Generation künftiger Physikochemiker.

Am 2. September 1853 in Riga als Sohn eines deutschen Böttchermeisters geboren, besuchte *Wilhelm Friedrich Ostwald* das Realgymnasium und anschließend die Universität Dorpat (heute Tartu). Nach Abschluß des Chemiestudiums wurde er im Jahre 1875 dort Assistent bei *Oettinger*. Er promovierte 1878 mit der Arbeit „Volumenchemische und optisch-chemische Studien“, die bereits erkennen ließen, daß er die physikalischen Methoden zur Klärung chemischer Fragen zu nutzen wußte. Damit betrat *Ostwald* bereits als junger Forscher wissenschaftliches Neuland und behielt diesen Weg zur Entwicklung der physikalisch-chemischen Arbeitsrichtung als Assistent, Privatdozent und als Professor – er wurde 1881 Professor in Riga – bei. Davon zeugen Arbeiten über Affinitätsbestimmungen, kalorimetrische Untersuchungen, Studien zur chemischen Dynamik und zur Elektrochemie.

Gemeinsam mit *Svante Arrhenius* und *Jacobus Henricus van't Hoff* schuf *Ostwald* in den 80er Jahren nicht nur die theoretischen und experimentellen Grundlagen der modernen physikalischen Chemie, er gab diesem Spezialgebiet durch sein Lehrbuch und vor allem durch die Herausgabe der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ 1887 seine Eigenständigkeit.

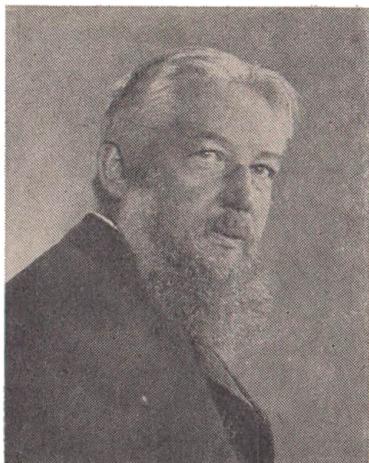
Ostwald leitete 1888 für die schwachen Elektrolyte das nach ihm benannte „Verdünnungsgesetz“ ab. In diesem, einem Sonderfall des Massenwirkungsgesetzes, sind die Beziehungen zwischen Dissoziationsgrad und Verdünnung einer Lösung formuliert. Es gehört zu den Grundgesetzen der Chemie der wäßrigen Lösungen. Die ebenfalls nach ihm benannte Stufenregel gab erstmalig an, daß eine chemische Reaktion bei Anwesenheit mehrerer gleichreaktionsfähiger Atome weder plötzlich noch allmählich und gleichförmig, sondern stufenweise zum thermodynamisch stabilen Endprodukt verläuft. Diese Regel ist ein wesentlicher Beitrag zur chemischen Kinetik.

Im Jahre 1881 erschien sein „Lehrbuch für allgemeine Chemie“, in dem er die von den meisten Chemikern nur zögernd anerkannte Ionenlehre abhandelte und die

Bedeutung der physikalischen Chemie als einer selbständigen Wissenschaft darlegte. Dieses Lehrbuch und die Gründung der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ im Jahre 1887 sicherten nicht nur die Selbständigkeit dieser neuen wissenschaftlichen Disziplin, sie bereiteten gleichzeitig den Weg zur physikalischen Durchdringung sämtlicher Zweige der Chemie. Im gleichen Jahr wurde *Ostwald* als Professor mit Lehrstuhl für physikalische Chemie und als Leiter des Unterrichtslaboratoriums für physikalische Chemie nach Leipzig berufen. Er entwickelte das Institut für physikalische Chemie der Leipziger Universität zur Ausbildungsstätte der unmittelbar folgenden Forschergeneration. Insgesamt 70 spätere Universitäts- und Hochschulprofessoren, davon zahlreiche Träger des Nobelpreises, sind aus seinem Institut hervorgegangen.

Probleme der Lösungen und der Elektrochemie standen anfangs im Vordergrund seiner Forschungsarbeit. Dabei spielte die Untersuchung der energetischen Seite der Reaktionen eine wesentliche Rolle. Die Suche nach der „Triebkraft des chemischen Geschehens“ und die Orientierung auf den zeitlichen Verlauf chemischer Vorgänge waren gleichzeitig zwei Quellen seiner späteren katalytischen Arbeiten. Die experimentelle Untersuchung und die theoretische Klärung des Wesens der Katalyse, einschließlich einer genaueren Definition des von *Berzelius* 1835 formulierten Begriffes der Katalyse, wurden Hauptinhalt und gleichzeitig Höhepunkt seiner Arbeit als Chemiker.

Nach *Ostwald* ist ein Katalysator ein Stoff, „der ohne im Endprodukt einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit verändert“ [76], und Katalyse „die Beschleunigung eines langsam verlaufenden chemischen Vorgangs durch die Gegenwart eines fremden Stoffes“ [77; S. 705]. *Ostwald*, der katalytische Vorgänge unter thermodynamischen Aspekten betrachtete, legte zugleich dar, daß Katalysatoren den Energiegehalt chemischer Systeme nicht verändern und folglich auch die Lage des chemischen Gleichgewichtes nicht verschieben. Er unterschied bereits im Jahre 1901 vier Klassen von Kontaktwirkungen: die Keimwirkung, die homogene Katalyse, die heterogene Katalyse und die Enzymwirkung. Er legte wiederholt dar, daß die katalytischen Erscheinungen den allgemeinen Gesetzen des chemischen



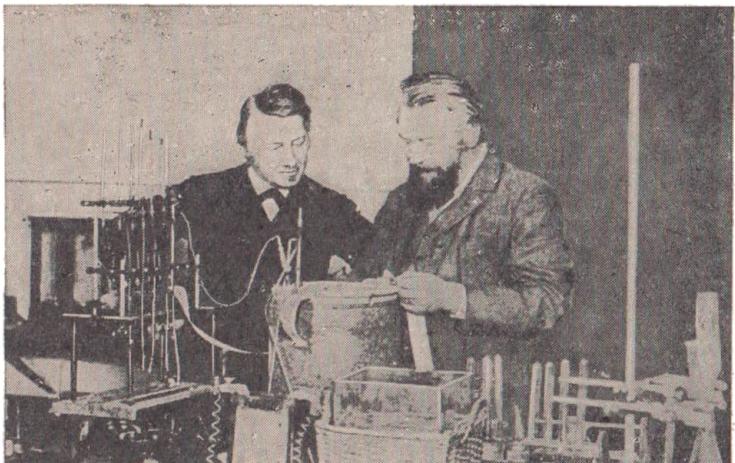
Geschehens gehorchen. Durch seine Arbeiten hat *Ostwald* der Katalyseforschung einen festen Platz in der Chemie gesichert. Galt bis dahin nach *Ostwalds* eigenen Worten allein die Erwähnung des Wortes Katalyse als Zeichen wissenschaftlicher Rückständigkeit, so war nun der Weg frei für eine intensive Forschung und industrielle Anwendung. Wesentliche chemisch-technische Probleme, aufgeworfen durch die industrielle und gesellschaftliche Entwicklung, konnten erst durch intensive katalytische Forschungen gelöst werden.

Als in Deutschland und in anderen Ländern unter dem Einfluß der imperialistischen Politik zur Neuauftteilung der Welt die Rohstoffversorgung für militärische Zwecke aus landeseigenen Aufkommen gesichert werden sollte, waren *Ostwalds* Arbeiten außerordentlich aktuell. Sie gehörten zum Beispiel zu den wissenschaftlichen Voraussetzungen für die Entwicklung der Ammoniaksynthese durch *Haber* und *Bosch*, die das Stickstoffproblem lösten. *Ostwald* bearbeitete die katalytische Oxydation des Ammoniaks. Er zeigte, daß Ammoniak bei Einsatz von Platin als Katalysator vorzugsweise zu Stickstoffmonoxid oxydiert wird, wobei die Beschaffenheit der Oberfläche des Kontaktes bei dieser Reaktion eine große Rolle spielt. Mit diesen Arbeiten entwickelte er chemische Grundlagen für die Salpetersäureherstellung aus dem Stickstoff der Luft, die sich auch in technisch brauchbarer Weise hätte anwenden lassen. Er förderte so die Lösung des Problems, unabhängig von den chilenischen Salpetervorkommen genügend Salpetersäure für die Herstellung von Explosivstoffen und Düngemitteln und für die wachsende organische chemische Industrie bereitzustellen.

Für sein wissenschaftliches Werk über die Katalyse und für seine grundlegenden Untersuchungen über chemische Reaktionsgeschwindigkeiten erhielt *Ostwald* 1909 den Nobelpreis für Chemie.

Ostwald konnte hervorragend organisieren, systematisieren und Erfahrungen und Erkenntnisse publizieren. Er sagte von sich: „Auf neuen Gebieten ... Ordnung zu schaffen, war meine Sonderbegabung und meine persönliche Leidenschaft, der ich mich hingab ...“ [78; S. 449/450]. Nach seiner Auffassung muß die Wissenschaft erstens die Dinge und ihre qualitativen und quantitativen Beziehungen experimen-

Wilhelm Ostwald
und
J. H. van't Hoff
im Laboratorium



tell erforschen und zweitens durch Abstraktionen zu Verallgemeinerungen in Form von Begriffen und Theorien kommen. In vielfach angestellten Überlegungen über Induktion und Deduktion arbeitete er einige Aspekte der methodologischen Seite der Wechselwirkung zwischen experimenteller und theoretischer Arbeit heraus. „Die reinen oder abstrakten Wissenschaften sind“, so schrieb *Ostwald*, „nur Grundlagen und Vorbedingungen für die angewandten, und unser Ziel ist es, dieses Verhältnis so reich und fruchtbringend wie möglich zu gestalten“ [79; S. 88]. Diesen Gedankengang fortführend, sah er in der engen Verbindung der Wissenschaft mit der Produktion das große Ziel der wissenschaftlichen Arbeit.

Moderne Studienmethoden, interessante und anregende Kolloquien im Institut, seine aktive Arbeit als Gründer und erster Präsident der „Deutschen Bunsen-Gesellschaft für Elektrochemie und physikalische Chemie“ und zahlreiche Lehr- und Handbücher, Einzelaufsätze, gedruckte Vorträge, Referate und Rezensionen künden von seiner Produktivität und seiner außerordentlichen Energie auf wissenschaftlichem, literarischem und wissenschaftsorganisatorischem Gebiet. Enger Kontakt mit Fachkollegen, Mitarbeitern und Schülern, eine Gastprofessur in den USA im Jahre 1905 und die Mitgliedschaft in vielen wissenschaftlichen Akademien und Körperschaften unterstreichen das. Seine Schüler trugen seine Erkenntnisse in viele Länder der Erde. Auch sowjetische Wissenschaftler studierten bei ihm und über sandten ihm 1924 „als Andenken an diese Zeiten“ ein Geschenk.

Seit den 90er Jahren ist bei *Ostwald* – angesichts der Unhaltbarkeit der alten Theorie von der Struktur der Stoffe – das Bemühen sichtbar, die Naturwissenschaftler aus der Enge der einzelwissenschaftlichen Fragestellung herauszubringen und gleichzeitig die veraltete, mechanistische Naturauffassung zu überwinden. *Ostwald* vertrat bei vielen Problemen materialistische Auffassungen. Wie andere bedeutende Naturwissenschaftler dieser Zeit war er aber nicht in der Lage, in seinen Ansichten zum dialektischen Materialismus zu kommen. Seine philosophischen Auffassungen, unter der Bezeichnung „Energetismus“ bekannt, waren bereits im Jahre 1895 auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Lübeck Gegenstand härtester Auseinandersetzungen. Sie bedeuteten einen Rückschritt hinter den mechanischen



Materialismus. Seinen aufschenerregenden Vortrag „Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus“ lehnte *L. Boltzmann* ab, der *Ostwalds* „Energetik“ als unberechtigten Angriff auf die Atomistik betrachtete. Die Ablehnung der modernen Atomistik, die Verleumung der Atomtheorie als „eine unfruchtbare Hypothese“ und die Charakterisierung der Energie als allgemeine Substanz, der allein das Prädikat Realität zukomme, entzog seiner Philosophie den wissenschaftlich-materialistischen Boden. Das wird in seinen im Jahre 1901 und später gehaltenen „Vorlesungen über Naturphilosophie“ deutlich.

Aus diesem Grund verurteilte *Lenin* in seinem Werk „Materialismus und Empirio-kritizismus“ den Energetismus als einen konfusen Versuch der Versöhnung von Materialismus und Idealismus. Er charakterisierte *Ostwald*, „der hier und dort in den Idealismus hineinstolpert“, als einen „großen Chemiker und kleinen Philosophen“ [80; S. 221, 157, 259 ··· 264]. Die Ausführungen *Lenins* enthalten die grundlegende marxistische Einschätzung der *Ostwaldschen* Energetik und differenzieren klar zwischen Wissenschaft und idealistischer Philosophie. Sie gehen somit über die Angriffe von *Boltzmann*, *Einstein*, *Planck* u. a. weit hinaus, weil sie die Energetik als Lehre von der materiellen Bewegung, die die objektive Realität der physischen Welt voraussetzt und untrennbar mit dem Materiebegriff verbunden ist, charakterisiert.

Unter dem Einfluß kolloidchemischer Arbeiten und einzelner theoretischer Abhandlungen, besonders über die molekular-kinetische Theorie der Wärme, erkannte *Ostwald* im Jahre 1908 die reale Existenz der Atome und Moleküle an. Dieser materialistische Gedanke und die in speziellen Arbeiten oft geäußerte materialistische Auffassung der Energie als „Substanz im eigentlichen Sinne“ [81; S. 280], als objektiv existierende materielle Bewegung, wurden aber in philosophischen Schriften nicht wirksam.

Ostwald führte eine scharfe Polemik gegen die Bevormundung der Wissenschaft durch die Kirche. Er wandte sich entschieden gegen die Entstellung der Wissenschaft durch Ideologen des Klerikalismus.

Im Jahre 1910 übernahm er die Leitung des Monistenbundes – einer bürgerlichen

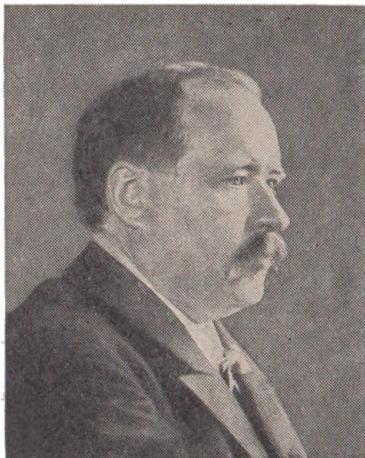
Plakat einer Versammlung
zum Massenstreik
gegen die Staatskirche,
auf der Wilhelm Ostwald
und Karl Liebknecht sprachen



Freidenkerorganisation, der viele linke Intellektuelle angehörten – aus den Händen *Ernst Haeckels* und setzte die von ihm begonnene Arbeit erfolgreich fort. Allen klerikalen Versuchen, die Wissenschaft zu verfälschen, trat er in seinen „Monistischen Sonntagspredigten“, auf den internationalen Monistenkongressen, in der von ihm geführten Zeitschrift „Das monistische Jahrhundert“ sowie in zahlreichen Artikeln und Broschüren entschieden entgegen. Sein Atheismus und sein streitbarer Antiklerikalismus führten ihn 1913 zur Zusammenarbeit mit *Karl Liebknecht* in der „Kirchenaustrittsbewegung“.

Am 28. Oktober 1913 sprachen *Ostwald* und *Liebknecht* in der traditionellen Versammlungsstätte der Berliner Arbeiter, der „Neuen Welt“ in der Hasenheide in Neukölln, auf einer Großkundgebung unter der Losung „Massenstreik gegen die Staatskirche“. In der Kirchenaustrittsbewegung, einer Massenbewegung, herrschten die proletarischen Kräfte vor. *Ostwald* hat nach seinen Worten in dieser Bewegung „politisch links bis zum äußersten Flügel gelegen“, woraus sich nahe Beziehungen mit der Sozialdemokratie ergeben hatten. Diese Beziehungen trugen ihm den von der Reaktion verliehenen „Titel“ „roter Geheimrat“ ein. Ein Nobelpreisträger und ein Marxist, als Gleichgesinnte vor einem politischen Forum, das war im Jahre 1913 eine Sensation. *Ostwald* war aber kein Marxist. Sein atheistisches Auftreten gehört zur Tradition des bürgerlichen Kampfes gegen den Klerikalismus in Deutschland. Parallel zu seinem antiklerikalnen Kampf förderte er verschiedene Reformbewegungen. Er unterstützte die bürgerlich-pazifistische Friedensbewegung *Berta von Suttner*, verurteilte den Antisemitismus und trat für eine Schulreform zugunsten der Naturwissenschaft und zu Lasten der Religion ein.

Sein nationalistisches Verhalten während des ersten Weltkrieges war dagegen ein erschütternder politischer Abstieg. Er erkannte nicht den imperialistischen Charakter des Krieges und hat mit anderen deutschen Wissenschaftlern den chauvinistischen Aufruf „An die Kulturwelt“ unterschrieben. Seine „Monistischen Sonntagspredigten“ verloren ihren ursprünglich fortschrittlichen Charakter und wurden als „Kriegspredigten“ Bestandteil der imperialistischen Propaganda. Der Ausgang des Krieges kam für *Ostwald* unerwartet. Als seine politischen Erfahrungen in Wider-



spruch zu seinen nationalistischen Anschauungen gerieten, wurde er Kriegsgegner und forderte eine „vollständige und unwiderrufliche Abkehr von den Wegen“, die das deutsche Volk in die Katastrophe geführt hatten. Dieser Forderung folgten aber keine eigenen Taten.

Ostwald hatte sich im Sommer 1914 in seinem Landhaus „Energie“ in Großbothen bei Leipzig nach langjähriger Pause wieder der experimentellen Forschungsarbeit zugewandt und wollte eine praktisch unmittelbar verwertbare, wissenschaftlich begründete chemisch-physiologische Farbenlehre und eine darauf aufgebaute „Lehre vom Schönen“ schaffen. Das Ergebnis seiner Arbeit trug er im Jahre 1929 der Berliner Akademie der Wissenschaften vor und setzte es in zahlreiche Veröffentlichungen um. Seine Farbfibel erschien in vielen Auflagen.

Große Verdienste um die Geschichte der Naturwissenschaften erwarb sich *Ostwald* besonders durch die Herausgabe von „*Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften*“, die der Öffentlichkeit etwa 200 Originalarbeiten der größten Gelehrten wieder zugänglich machten.

Ostwald starb am 4. April 1932. Mit der Pflege seines Nachlasses durch die Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin wird das Erbe dieses großen Naturforschers, streitbaren Atheisten und unversöhnlichen Gegners des Klerikalismus gehütet, dessen Leistungen der wissenschaftlichen Forschung in Deutschland um die Jahrhundertwende zu hohem Ansehen verhalfen.

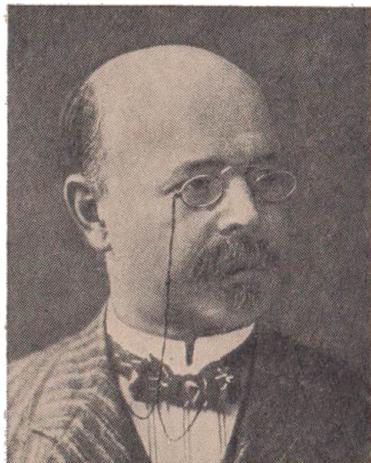
Svante Arrhenius

Svante Arrhenius setzte die elektrochemischen Forschungen *Faradays*, *Berzelius'* und anderer Chemiker folgerichtig fort und arbeitete die Theorie der elektrolytischen Dissoziation aus, die zu den Grundlagen der physikalischen Chemie gehört.

Svante Arrhenius wurde am 19. Februar 1859 in Wik am Mälarsee geboren. Sein Vater war dort Verwalter des Schlosses und gleichzeitig Akademievogt der Universität Uppsala. Schon während der Schulzeit zeigte sich *Arrhenius'* Begabung für Naturwissenschaften, besonders für Mathematik und Physik. Nach dem Abitur studierte

er Physik im Hauptfach und Mathematik im Nebenfach. Er arbeitete sehr selbstständig und entwickelte bald einen eigenen Arbeitsstil, der ihn allerdings in Gegensatz zu dem damaligen Physiker an der Universität Uppsala, T. R. Thalén, führte. Mit Thalén, der ein hervorragender Experimentalphysiker war und der größten Wert auf experimentelle Genauigkeit legte, konnte der auf das rasche Erfassen großer Zusammenhänge ausgehende Arrhenius nicht auskommen. Arrhenius lehnte die experimentelle Arbeit nicht ab, doch sie allein konnte ihn nicht befriedigen. Sein Talent offenbarte sich vor allem darin, in der Fülle der vorliegenden experimentellen Daten und Meßwerte Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten zu finden. Er experimentierte dann, wenn er Schlußfolgerungen oder kühne Hypothesen belegen mußte.

Die Unstimmigkeiten mit Thalén veranlaßten Arrhenius im Jahre 1881, zu E. Edlund an die Akademie der Wissenschaften in Stockholm zu gehen. Dort setzte er seine Physikstudien fort und untersuchte die elektrische Leitfähigkeit stark verdünnter wäßriger Lösungen. Olsede, der Arrhenius in Uppsala Chemie lehrte, hatte in seinen Vorlesungen ausdrücklich hervorgehoben, daß es unmöglich sei, die Molekülmasse von Stoffen zu bestimmen, die nicht im Gaszustand zu erhalten sind. Arrhenius erkannte, daß ein wesentlicher Fortschritt in der Chemie erzielt würde, wenn es gelänge, eine Methode zur Bestimmung der Molekülmassen derartiger Stoffe zu finden. Er nahm an, daß man über die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Salzlösungen vielleicht einen Weg finden könne, und führte entsprechende Untersuchungen durch. Die Ergebnisse schrieb er in einer in französischer Sprache verfaßten Abhandlung nieder, die er durch einen zweiten, theoretischen Teil ergänzte. Beide Arbeiten legte er der Königlichen Schwedischen Akademie der Wissenschaften vor und reichte sie anschließend als Doktordissertation ein. Diese Arbeit enthielt bereits die Grundzüge der Dissoziationstheorie. Die Vorstellung, daß Salze, Säuren und Basen in wäßriger Lösung mehr oder weniger in frei beweglichen Ionen vorliegen – die uns heute so geläufig ist –, war für das Denken der damaligen Chemiker derartig neu und umwälzend, daß man ihr zunächst fast ausnahmslos mit großer Skepsis und Zurückhaltung begegnete, ja sie sogar für Unsinn hielt [82;



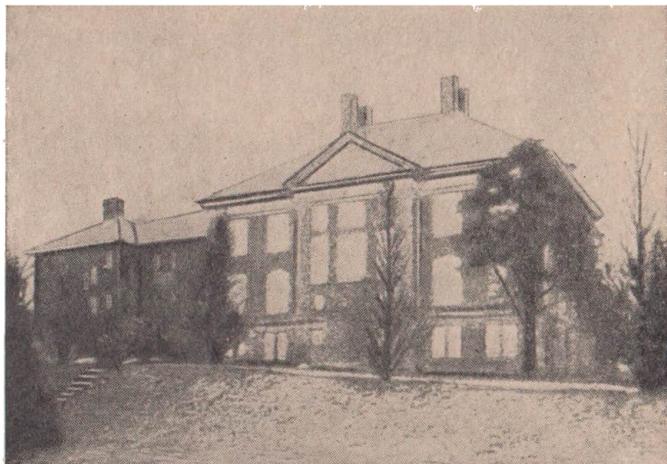
Walter Nernst, 1864 bis 1941,
Professor für physikalische Chemie in Göttingen
und Berlin,
Nobelpreis für Chemie 1920
für die Aufstellung des dritten Hauptsatzes
der Thermodynamik

S. 147]. Hieraus erklärt sich auch, daß *Arrhenius* für seine Dissertation eine schlechte Beurteilung erhielt, die ihm nicht einmal die Berechtigung zur Lehrtätigkeit gab. Seine in Form von Thesen geschriebene Dissertation führte auch den Begriff Aktivitätskoeffizient (Dissoziationsgrad) in die Chemie ein. Sie gab außerdem die wichtige Beziehung der Ionenlehre an, wonach das Reaktionsprodukt unabhängig davon ist, ob die Ionen A, B, C und D in den elektrolytischen Ausgangsstoffen in der Kombination AB und CD oder AD und CB vorhanden sind. *Arrhenius* schuf in seiner Dissertation auch die Grundlagen für die Berechnung des Hydrolysegrades mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes [82; S. 61, 79, 85].

Er erhielt von der Akademie der Wissenschaften ein Reisestipendium und konnte dadurch seine chemisch-physikalischen Studien bei den bedeutendsten Wissenschaftlern Europas fortsetzen. Im Sommersemester 1886 besuchte er *Ostwald* in Riga, wo er neben anderen Arbeiten vor allem Leitfähigkeitsmessungen ausführte. *Ostwald* setzte sich entschieden für die neuen theoretischen Einsichten ein. Ihn beeindruckte tief die Art und Weise, wie *Arrhenius* die Beziehungen zwischen Säure und Base behandelte und auch schon teilweise gelöst hatte, da er selbst der Aufklärung dieses Problems sein Leben zu widmen gedachte [83; S. 216].

Im Wintersemester 1886/87 arbeitete *Arrhenius* bei *Kohlrausch* über die innere Reibung verdünnter Lösungen und untersuchte dort den Einfluß des Lichtes auf das elektrische Leitvermögen der Halogenide. Letztere Arbeit lieferte die experimentellen Grundlagen für die Theorie, nach der das latente Bild durch Elektronenverschiebung entsteht [84; S. 813]. Mit *W. Nernst* verband *Arrhenius* eine für die Wissenschaft sehr fruchtbare Freundschaft. Er ging mit ihm im Sommersemester 1887 nach Graz, wo *L. Boltzmann* den Lehrstuhl für Physik inne hatte. Im Jahre 1888 besuchte *Arrhenius* *M. Planck* in Kiel und arbeitete bei *van't Hoff* in Amsterdam.

Großen Einfluß auf die weitere Entwicklung der Dissoziationstheorie hatte *van't Hoff*'s berühmte Arbeit „*Lois de l'équilibre chimique . . .*“, der darin u. a. feststellte, daß Schmelztemperatur- und Dampfdruckerniedrigung und die osmotischen Drücke der Salze, Säuren und Basen größer waren als die theoretischen Werte. Diesen



Widerspruch beseitigte die Dissoziationstheorie, indem sie darlegte, daß die Elektrolyte in wäßrigen Lösungen in freibewegliche Ionen gespalten sind. In zwei unmittelbar darauf geschriebenen Abhandlungen, die unter dem gemeinsamen Titel „Über die Dissoziation der in Wasser gelösten Stoffe“ erschienen, wurde die Dissoziationstheorie klar formuliert und auch die Ableitung ihrer Grundformeln gegeben [85; S. 631].

Die Dissoziationstheorie stand im Gegensatz zu einer Reihe althergebrachter Anschauungen, und *Arrhenius* mußte hartnäckig um ihre Anerkennung kämpfen. Er verfaßte mehrere polemische Artikel, um sich den heftigen Angriffe „gegen das wilde Heer der Ionier“, wie *Horstmann* die Vertreter der Dissoziationstheorie nannte, zu erwehren. *Ostwald* unterstützte ihn dabei vortrefflich.

Van't Hoff bestätigte ebenfalls die Dissoziationstheorie. Er maß die Leitfähigkeit organischer Säuren und fand das Massenwirkungsgesetz bei schwachen Elektrolyten ausgezeichnet bestätigt.

Die Zweifel an der elektrolytischen Dissoziationstheorie wurden besonders deshalb immer wieder geäußert, weil sie sich in ihrer klassischen, von *Arrhenius* gegebenen Form nur auf schwache Elektrolyte anwenden ließ. Dieser Mangel veranlaßte *Arrhenius* zu zahlreichen Versuchen, mit denen er die Allgemeingültigkeit dieser Theorie für alle Elektrolyte beweisen wollte. Der weitere Ausbau seines genialen Grundgedankens blieb aber der folgenden Generation vorbehalten. Die Dissoziationstheorie entwickelten vor allem *N. Bjerrum*, *P. Debye* und *E. Hückel* weiter [86; S. 321] [87; S. 183], indem sie den erstmals von *van Laar* ausgesprochenen Gedanken aufgriffen, daß das abweichende Verhalten der starken Elektrolyte auf die Wirkung der Coulombschen Kräfte zurückgeführt werden könnte [88; S. 245].

Für die Entwicklung der Dissoziationstheorie wurde *Arrhenius* im Jahre 1903 mit dem Nobelpreis geehrt. Nachdem 1887 die Dissoziationstheorie in den Grundzügen ausgearbeitet war, beschäftigte sich *Arrhenius* vornehmlich damit, sie auf die verschiedensten Bereiche der Natur anzuwenden.

Weitere wissenschaftliche Verdienste erwarb *Arrhenius*, als er die Theorie der Toxine und Antitoxine in physikalisch-chemischer Sicht betrachtete. Dabei war zu

klären, ob die gegenseitige Einwirkung der Toxine und Antitoxine chemischer Natur ist oder ob sie physikalischen Charakter trägt. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeiten legte *Arrhenius* in den zwei Büchern „Immunochemie“ (1907) und „Quantitative laws in biological chemistry“ (1915) nieder. Auch auf diesem Gebiet bemühte er sich ausdrücklich, nicht nur die empirischen Forschungsergebnisse zu beschreiben, sondern die den Erscheinungen zugrunde liegenden Naturgesetze aufzudecken und sie mathematisch zu formulieren. „Mit Hilfe von Formeln, sie mögen empirisch oder rationell sein, wird der Fortschritt der Wissenschaft weit schneller sein als ohne diese Hilfe, und wenn das Versuchsmaterial anwächst, werden sich die empirischen Formeln wahrscheinlich in rationelle verwandeln, das will sagen, wir werden neue Naturgesetze entdecken“ [89; S. 5].

Bei seinem vornehmsten Anliegen, Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, betonte er den heuristischen Wert und den Widerspiegelungscharakter theoretischer Überlegungen [89; S. V und VI]. diese Einschätzung der Theorie im Erkenntnisprozeß kennzeichnete *Arrhenius*' spontan-materialistische Grundhaltung. Sie war zu einer Zeit, als der Positivismus die Theorie abwerten wollte und viele Naturwissenschaftler verwirrte, durchaus nicht selbstverständlich.

Arrhenius suchte auch in der Kosmogonie nach allgemeinen Zusammenhängen und Korrelationen der Erscheinungen. Seine Erkenntnisse faßte er im Jahre 1903 in dem zweibändigen „Lehrbuch der kosmischen Physik“ zusammen, dem ersten Lehrbuch über dieses Gebiet. In den folgenden Jahren veröffentlichte er weitere Arbeiten, zum Beispiel: „Das Werden der Welten“, Leipzig 1907; „Der Lebenslauf der Planeten“, Leipzig 1919, und „Erde und Weltall“ 1. Teil, Leipzig 1926, 2. Teil, Leipzig 1931, die nicht nur für Fachwissenschaftler bestimmt waren.

Bei seinen Gedanken zur Kosmogonie ließ sich *Arrhenius* spontan von einer materialistischen Grundhaltung leiten. Er lehnte unmäßverständlich die idealistischen Anschauungen ab, die von *Plato* und dem im Mittelalter verfälschten *Aristoteles* ausgingen, desgleichen die vom Alten Orient übernommene Sternenanbetung, die damit im Zusammenhang stehende Korrespondenz- und Sympathielehre und die sich auf sie stützenden Scheinwissenschaften Alchimie und Astrologie [90; S. 20/21].

Ich war neuerdings in Deutschland
und in England und habe sehr viele
Leute getroffen und gesprochen. Jetzt aber
habe ich nach Russland kann habe ich
eine große Menge von Briefen zu schicken
gez. Mit vielen herzlichen Grüßen an
Sie und andere Marxistsche Kollegen
bin ich
Ihr ganz ergebener
Freund Arrhenius
P.S. Seine Frau zieht nach Berlin

Arrhenius zeigte, daß praktische Bedürfnisse der Menschen die Astronomic hervorbrachten, zum Beispiel das Bedürfnis, die Zeit zu messen. Er versuchte vorzugsweise mit Hilfe des Lichtdruckes die Veränderung der Himmelskörper zu erklären. Unter diesem Aspekt betrachtete er auch die Entstehung des Lebens auf der Erde. Er vertrat die Ansicht, daß überall dort Leben möglich sei, wo die entsprechenden objektiven Bedingungen vorlägen. Mit den ihm bekannten naturwissenschaftlichen Tatsachen und Theorien erklärte er, daß lebensfähige Sporen von Mikroorganismen aus dem Weltraum auf die Erde gelangen könnten. In diesen Anschauungen äußerte sich zwar eine Haltung, die sich deutlich von idealistischen Interpretationen unterschied, Arrhenius konnte aber die Entstehung des Lebens aus letztlich anorganischen Stoffen nicht erklären. So ließ seine Panspermietheorie noch Spielraum für idealistische Spekulationen. Diese Theorie umging die damals theoretisch zwingende These der Entstehung des Lebens auf der Erde unter natürlichen Bedingungen.

Arrhenius stand dem Monistenbund nahe, ohne ihm selbst anzugehören. Seine materialistische Betrachtungsweise blieb im wesentlichen auf die Naturerscheinungen beschränkt und trug einen aufklärenden Charakter. Im gesellschaftlichen Bereich wirkte er im Sinne der bürgerlichen Aufklärung, erkannte aber die wirklichen Triebkräfte der gesellschaftlichen Entwicklung nicht. Der Marxismus-Leninismus scheint ihm unbekannt geblieben zu sein. Er war überzeugter Pazifist und glaubte, durch den Appell an die Vernunft und an den gesunden Menschenverstand eine Welt ohne Krieg, in der alle Menschen ein glückliches Leben führen, erreichen zu können.

Nach langen Kämpfen mit seinen wissenschaftlichen Gegnern und Neidern, besonders mit den schwedischen, erhielt Arrhenius im Jahre 1895 die Professur für Physik an Stockholms Hochschule. Er hatte sie 10 Jahre inne, bis er als Vorsteher der physikalisch-chemischen Abteilung des Nobel-Institutes der Stockholmer Akademie der Wissenschaften berufen wurde. Dieses Amt gab er im Jahre 1927 aus gesundheitlichen Gründen auf. Im gleichen Jahre verstarb er.

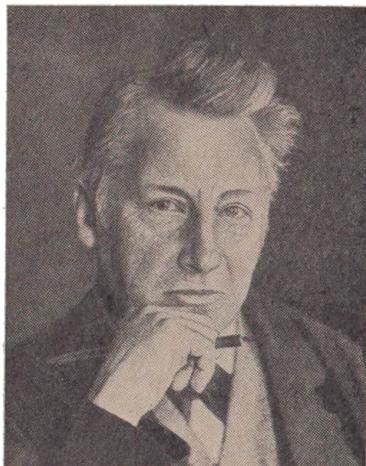
Jacobus Henricus van't Hoff

Den ersten Nobelpreis für Chemie erhielt im Jahre 1901 *Jacobus Henricus van't Hoff* für die Entdeckung der Gesetze der chemischen Dynamik und des osmotischen Druckes. Mit dieser Auszeichnung wurde die Bedeutung der jungen physikalischen Chemie anerkannt.

Schon die ersten Arbeiten *van't Hoff's* hatten den Beweis erbracht, daß durch die Anwendung physikalischer und mathematischer Methoden theoretische und praktische Fortschritte in der Chemie erzielt werden können, daß die Herausbildung neuer Spezialgebiete, wie das der Stereochemie, nur unter Einbeziehung anderer Naturwissenschaften möglich ist. *Van't Hoff* war der Begründer der Stereochemie. Er setzte seine Auffassungen gegen alle unsachlichen Angriffe extremer Agnostizisten und einseitiger Empiristen durch und führte das räumliche Denken in die Chemie ein.

J. H. van't Hoff wurde am 30. August 1852 in Rotterdam als Sohn eines Arztes geboren. Die Familie *van't Hoff* besaß seit vielen Generationen ein Gehöft in der Nähe der holländischen Stadt Dordrecht. Seine Vorfahren waren meist Bürgermeister oder Verwaltungsbeamte.

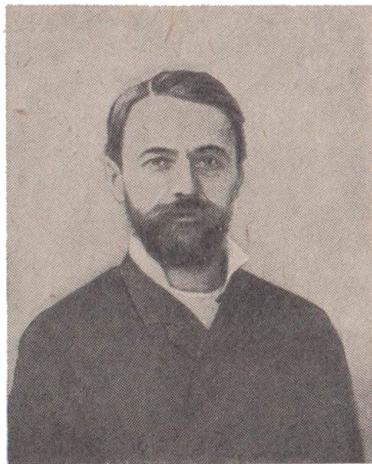
In der Schule gehörte die Liebe des kleinen *van't Hoff* zunächst der Musik und der Dichtkunst. Später zeigte er aber für die exakten Naturwissenschaften eine auffallende Neigung und Begabung. Nach Abschluß der Schule bezog er 1869 das Polytechnikum in Delft. Er studierte mit besonderem Interesse die Differential- und Integralrechnung, eine Beschäftigung, die damals erhebliches Aufsehen erregte. Weiterhin fesselte ihn die Philosophie. Er studierte eingehend Comtes „Kurs der positiven Philosophie“, in dem sich dieser auch über den Weg zu einer rationelleren Forschung in der Chemie äußerte. *Van't Hoff* verstand Comtes Äußerungen als Aufruforderung zur theoretischen Durchdringung der chemischen Kenntnisse. Wie seine Erfolge zeigten, übernahm er nicht Comtes Theoriefeindlichkeit und seine mechanistisch beschränkte Methodologie. Im Gegenteil, er erkannte die Notwendigkeit der Einheit von Theorie und Praxis, bezog nie einen einseitig empiristischen Standpunkt und verteidigte seinen Materialismus später gegen Ostwalds Energetismus. In Delft zeigte sich *van't Hoff* seinen Mitstudenten geistig überlegen und wurde



ohne Zulassungsprüfung 1871 an der Universität Leyden aufgenommen, wo er das Kandidatenexamen ablegte. Neben dem Interesse für die Mathematik trat aber bald wieder die „alte Liebe zur Chemie“ hervor, und *van't Hoff* setzte seine Studien in den damaligen Zentren der Chemie, bei *Kekulé* in Bonn und bei *Wurtz* in Paris fort. Zu dieser Zeit zählte *Kekulé* mit seiner Benzoltheorie und seinen Vorstellungen von der räumlichen Anordnung der Atome im Molekül zu den führenden Theoretikern der Chemie. Die Begeisterung für seinen Lehrer und dessen Arbeiten weckten in *van't Hoff* Interesse für Strukturprobleme. *Van't Hoff* blieb aber nur kurze Zeit in Bonn. Bei *Wurtz* in Paris lernte er *Le Bel* kennen, der, von ihm unabhängig, aus den *Kekuléschen* Vorstellungen über die räumliche Anordnung der Atome im Molekül das bekannte Tetraedermodell entwickelte.

Im Jahre 1874 promovierte *van't Hoff* an der Universität Utrecht und begann 1876 eine akademische Lehrtätigkeit an der Tierarzneischule zu Utrecht. Dort verfaßte er eine kleine Schrift mit dem langen Titel: „Vorschlag zur Ausdehnung der gegenwärtig in der Chemie gebrauchten Strukturformeln in den Raum, nebst einer damit zusammenhängenden Bemerkung über die Beziehungen zwischen dem optischen Drehvermögen und der chemischen Konstitution organischer Verbindungen“. Diese in holländischer Sprache verfaßte Schrift fand zunächst keine größere Verbreitung. Auch die erste Übersetzung ins Deutsche und eine erweiterte französische Ausgabe änderten das kaum. Der sichtbare Erfolg kam, als *Wislicenus*, ein entschiedener Förderer der neuen Stereochemie, diese überarbeitete Fassung in deutscher Übersetzung (1877) unter dem Titel: „Die Lagerung der Atome im Raum“, mit seinem Geleitwort versehen, der wissenschaftlichen Welt bekanntmachte.

Van't Hoff hatte in dieser Schrift zwei weit auseinanderliegende Erscheinungen, die geometrische Erscheinung von unsymmetrischen und spiegelbildlichen Tetraedern mit der physikalisch-chemischen Erscheinung der optischen Isomerie in Verbindung gebracht. Die Vorstellung, daß beim Methan CH_4 die vier Wasserstoffatome gleichmäßig im Raum verteilt sind und man deshalb von einer Tetraederform sprechen kann, geht auf *Kekulé*s Anregung zurück. Sie findet in *van't Hoff's* Tetraedermodell des Kohlenstoffatoms, bei dem die vier Bindungen des Kohlenstoffatoms gegen die



Ecken eines Tetraeders gerichtet sind, eine eindeutige Darstellung. Unter Benutzung seines Modells entwickelte er die Vorstellung, daß durch Bindung von Atomen oder Atomgruppen an den Kohlenstoff das Tetraeder unsymmetrisch wird, und prägte den Begriff des asymmetrischen Kohlenstoffatoms. Er schreibt: „Wenn die vier Kohlenstoffvalenzen durch vier voneinander verschiedene univalente Gruppen gesättigt sind, so lassen sich zwei und nicht mehr verschiedene Tetraeder erhalten, von denen das eine das Spiegelbild des anderen ist [91; S. 84].

Die Erscheinung der optischen Isomerie ließ sich mit den damaligen Strukturformeln nicht erklären. *Van't Hoff*'s geistige Leistung bestand in der Herstellung einer Beziehung zwischen dem asymmetrischen Kohlenstoffatom und der optischen Isomerie. Er postulierte: Die beiden optischen Isomeren entsprechen den beiden spiegelbildlichen Moleküllmodellen mit asymmetrischen Kohlenstoffatomen. Jede optisch aktive Verbindung enthält also ein asymmetrisches Kohlenstoffatom. Diese Aussage ließ sich leicht an der Erfahrung prüfen. *Van't Hoff* fand seine Hypothese an Strukturformeln von zahlreichen optisch aktiven Verbindungen bestätigt.

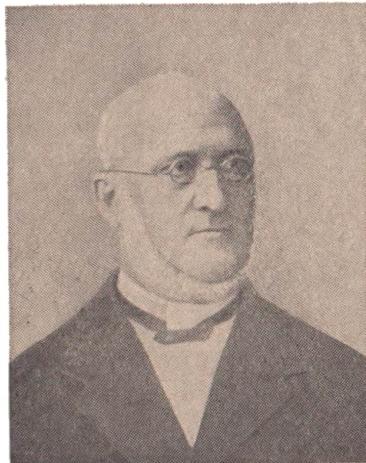
In derselben Arbeit erklärt *van't Hoff* auch eine andere Art von Isomerie, die von *Wislicenius* als „geometrische Isomerie“ bezeichnet wurde. Sie tritt zum Beispiel zwischen Fumarsäure (trans-Butendisäure) und Maleinsäure (cis-Butendisäure) auf, deren Strukturformeln gleich, deren Eigenschaften aber verschieden sind. Zur Erklärung benutzte *van't Hoff* wieder das Modell des tetraedrischen Kohlenstoffatoms und verknüpfte eine geometrische Erscheinung mit einer chemischen. Dabei war erneut die Bedeutung des Modelldenkens in der Chemie erwiesen.

Van't Hoff war trotz seiner Bekanntschaft mit den Werken *Comtes* Materialist und spontaner Dialektiker. Er verteidigte konsequent die Atom-Molekül-Lehre gegen alle Angriffe der Philosophen und der Anhänger des *Ostwaldschen* Energetismus, sowohl durch sein Auftreten als auch durch seine wissenschaftlichen Entdeckungen. Vor allem die Stereochemie versetzte dem Idealismus einen schweren Schlag. *Ernst Mach* stellte 1871 allen Ernstes die Behauptung auf, „daß man sich die chemischen Elemente nicht in einem Raum von drei Dimensionen vorstellen müsse“.

Gegen diese idealistischen Angriffe behauptete sich *van't Hoff* ebenso wie gegen die

von *Kolbe* ausgesprochenen Entstellungen. *Kolbe* schrieb: „Ein Dr. J. H. *van't Hoff*, an der Tierarzneischule zu Utrecht angestellt, findet, wie es scheint, an exakter chemischer Forschung keinen Geschmack. Er hat es bequemer erachtet, den Pegasus zu besteigen (offenbar der Tierarzneischule entlehnt) und in seiner ‚La Chimie dans l'Espace‘ zu verkünden, wie ihm auf dem durch kühnen Flug erklommenen chemischen Parnaß die Atome im Welträume gelagert erschienen sind.“ An anderer Stelle heißt es in *Kolbes* Artikel: „Es ist bezeichnend für die heutige kritikarme und kritikhassende Zeit, daß zwei so gut wie unbekannte Chemiker, der eine von einer Tierarzneischule, der andere von einem landwirtschaftlichen Institut, die höchsten Probleme der Chemie, welche wohl niemals gelöst werden, speziell die Frage nach der räumlichen Lagerung der Atome, mit Sicherheit beurteilen und deren Beantwortung mit einer Dreistigkeit unternehmen, welche den wirklichen Naturforscher geradezu in Staunen setzt“ [92; S. 474]. Der Unglaube an die Erkennbarkeit der Welt und die Verachtung des theoretischen Denkens, der Dialektik und des Materialismus ging bei *Kolbe* in Haß gegen die vorwärtsweisenden Ideen der Naturwissenschaften über. Die stereochemischen Ideen *van't Hoff's* bewährten sich aber nicht nur auf dem Gebiet der organischen Chemie, sondern drangen auch 20 Jahre später in die anorganische Chemie ein. Die für die Kohlenstoffatome aufgestellten Beziehungen wurden in erfolgreicher Weise 1890 von *Alfred Werner* auch auf das Stickstoffatom zur Deutung der Isomeriefälle übertragen.

Von 1877 bis 1896 wirkte *van't Hoff* als Professor für Chemie, Mineralogie und Geologie an der neugegründeten Universität Amsterdam. Hier setzte er seine theoretische Arbeit erfolgreich fort. Er verband geschickt Kühnheit im Denken mit Exaktheit der Gedankenführung. Er richtete seine Arbeit auf das Entdecken der Gesetzmäßigkeit und gab so der Phantasie und dem Schöpfertum eine eindeutige Richtung. *Van't Hoff* wies in seiner Amsterdamer Antrittsrede über „Die Phantasie in der Wissenschaft“ nach, daß die Phantasie auch für die Vorbereitung der Experimente und ihrer Deutung unentbehrlich ist. Zur Ausarbeitung dieser Problematik hatte er mehr als 200 biographische Aufzeichnungen über Mathematiker und Naturforscher gelesen. Diesen Arbeitsstil bewunderten Schüler und Freunde.



Hermann Kolbe, 1818 bis 1884,
trat in mehreren Artikeln
im „Journal für praktische Chemie“,
das unter seiner Leitung stand,
gegen die Stereochemie van't Hoff's auf

Van't Hoff's Interesse für allgemeine Gesetzmäßigkeiten finden wir in seinen „Ansichten über die organische Chemie“ (1879 und 1881) wieder. Ausgehend von der Lehre vom asymmetrischen Kohlenstoffatom wollte er die allgemeinen Gesetze der Beziehung zwischen Struktur und chemischen Eigenschaften der organischen Verbindungen aufdecken. Dazu reichten die damaligen Kenntnisse des Atom- und Molekülbaus jedoch nicht aus. Auch heute gibt es bekanntlich in der theoretischen Durchdringung der organischen Chemie noch zahlreiche Probleme.

Van't Hoff beschränkte sich bald auf die chemische Dynamik und legte seine Ansichten später in dem Buch „Etudes de dynamique chimique“ (1883) nieder. Er entwickelte die Lehre von der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit und schuf so die theoretischen Grundlagen der chemischen Kinetik. Reaktionsgeschwindigkeit definierte er als Änderung der Konzentration der reagierenden Stoffe in der Zeiteinheit. Es gelang ihm, die gesetzmäßige, aber selten gleichförmige Änderung der Konzentration vollständig und allgemein mathematisch zu formulieren. Die Aufdeckung des gesetzmäßigen Zusammenhangs von Geschwindigkeit und Anzahl der reagierenden Moleküle war ein großer Fortschritt für die theoretische Chemie, die eng mit seinen neuen Ideen über das chemische Gleichgewicht verbunden war.

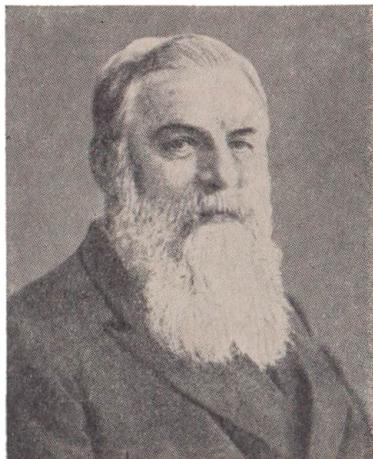
Das chemische Gleichgewicht, das er als Ergebnis zweier entgegengesetzt verlaufender Vorgänge mit verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeiten (reversible Prozesse) auffaßte, ist temperaturabhängig. Die Kenntnisse über das chemische Gleichgewicht kombinierte *van't Hoff* mit den damals bekannten zwei Hauptsätzen der Thermodynamik. Als wichtigstes Ergebnis erhielt er die mathematische Formel, die den Zusammenhang zwischen der Temperatur, der auftretenden Reaktionswärme und der Lage des Gleichgewichts feststellte. Die von ihm aufgestellten Gesetze sind als *Van't Hoff'sche Reaktionsisobare* bekannt. An der Ausarbeitung der Lehre vom chemischen Gleichgewicht auf thermodynamischer Grundlage waren auch *Le Chatelier*, *Horstmann* und *Gibbs* maßgeblich beteiligt.

Eine der bedeutendsten Entdeckungen dieser Zeit ist die Erkenntnis des Wesens der treibenden Kraft einer Reaktion, die als „Affinität“ bezeichnet wird. Dieser Begriff entzog sich immer wieder einer exakten Definition. Thomsen (1854) und Berthelot

Van't Hoff im Kreise
bedeutender
Chemiker anlässlich
der 200-Jahrfeier
der Akademie
der Wissenschaften
zu Berlin (1900)



(1868) versuchten es, jedoch ohne Erfolg. Erst *van't Hoff* erkannte als Maß der chemischen Verwandtschaft die thermodynamische Funktion der freien Energie (bei konstanten Volumen und konstanter Temperatur), die *Hermann von Helmholtz* 1882 eingeführt hatte. Hinter dieser „freien Energie“ steckte die Konstante des Massenwirkungsgesetzes, das schon von *Guldberg* und *Waage* 1867 durch Überlegungen über die Treffwahrscheinlichkeit von miteinander reagierenden Molekülen aufgestellt worden war. *Van't Hoff* gelang es 1887, dieses Gesetz thermodynamisch abzuleiten und damit seine Anwendbarkeit zu erhöhen. Nach *van't Hoff* wird die Affinität einer Reaktion durch die auf dem Wege über Gleichgewichte gewinnbare maximale Arbeit, die freie Energie, ermittelt. Die beim tatsächlich verlaufenden Vorgang auftretende Volumenarbeit muß jedoch abgezogen werden. Die letzte große theoretische Entdeckung *van't Hoffs* während der Amsterdamer Zeit war die Erkenntnis, daß Gasdruck und osmotischer Druck in naher Beziehung zueinander stehen. *Van't Hoff* entwickelte 1877 aus den von *Raoult* formulierten empirischen Regeln über Siedetemperaturerhöhung und Schmelzpunkttemperaturerniedrigung eine osmotische Lösungstheorie. Er zeigte die Analogie im Verhalten eines gelösten Stoffes und eines Gases und gab der Gasgleichung $p \cdot v = R \cdot T$ in ihrer Anwendung auf den osmotischen Druck der Lösungen die Gestalt $p \cdot v = i \cdot R \cdot T$ ($i > 1$ ist ein Koeffizient für das abweichende Verhalten einiger Stoffe). Die Erscheinung der Osmose war von dem Botaniker *W. Pfeffer* (1877) eingehend untersucht worden. *Van't Hoff* abstrahierte von der konkreten Gestalt der *Pfefferschen* Zelle und betrachtete die Vorgänge in einem Gedankenversuch. Er kam zu der Feststellung, daß gelöste Moleküle denselben osmotischen Druck ausüben, den sie im gleichen Raume als Gasmoleküle in Form des Gasdrucks ausüben würden. Durch diese Erklärung wurden die von *Pfeffer* gefundenen hohen Werte des osmotischen Druckes verständlich. Das war wiederum eine fundamentale Erkenntnis, denn sie zeigte – obwohl sie keine Erklärung für die Entstehung des osmotischen Druckes gab – die Einheit von Gesetzmäßigkeiten aus der Physik und der Chemie. Mit seiner 1886 in Stockholm publizierten Arbeit „*Lois de l'équilibre chimique*...“ nahm er großen Einfluß auf die weitere Entwicklung der Dissoziationstheorie, die den Widerspruch zwischen der



Johann Wislicenus, 1835 bis 1902,
Professor für Chemie in Würzburg und Leipzig,
konsequenter Vertreter der Stereochemie

gemessenen Schmelztemperatur- und Dampfdruckerniedrigung und der osmotischen Drücke der Salze, Säuren und Basen und den theoretischen Werten im Prinzip besiegelt.

Gemeinsam mit *Wilhelm Ostwald* gab *van't Hoff* ab 1877 die „Zeitschrift für physikalische Chemie“ heraus. Im ersten Band erschien neben *van't Hoff*s „osmotischer Lösungstheorie“ auch eine Arbeit von *Svante Arrhenius*, in der die Ansichten *van't Hoff*s bestätigt und ergänzt wurden.

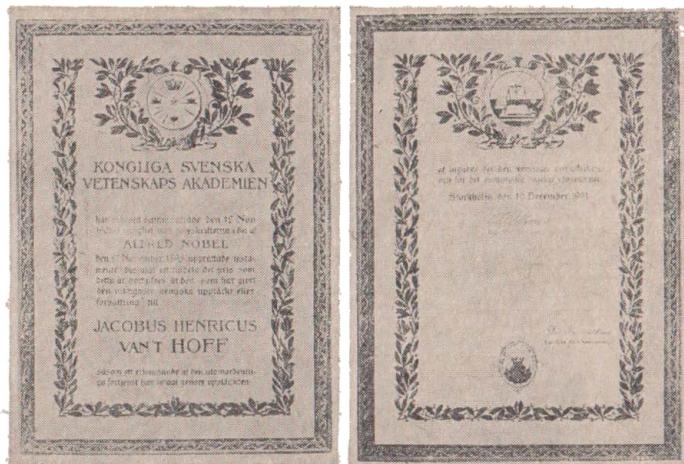
Im Jahre 1890 definierte *van't Hoff* den Begriff der festen Lösungen.

Von Amsterdam aus folgte er im März 1896 einem Ruf an die Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Auf Bemühen von *Max Planck* und *Emil Fischer* wurde für ihn an der Akademie ein Forschungslaboratorium geschaffen. *Van't Hoff* wurde zum ordentlichen Mitglied der Akademie ernannt und zum Honorarprofessor an der Berliner Universität berufen. In Berlin leitete er umfassende experimentelle und theoretische Arbeiten, die der Kaliindustrie Wege zur Aufarbeitung der Rohsalze wiesen. Die Ergebnisse seiner zehnjährigen Arbeit sind in einem zweibändigen Werk „Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen“ zusammengefaßt.

Wegen eines jahrelangen, unheilbaren Leidens mußte er sein Vorhaben *die synthetischen Wirkungen der Fermente im lebenden Pflanzenorganismus* näher zu studieren, vor der Zeit aufgeben. Seine Überlegungen aus dem Jahre 1900: „Der Chemiker wird mit seinen Synthesen bis an die Zelle gehen, die als organisierte Substanz dem Biologen zufällt“ sind heute Aufgabe und Gegenstandsbereich der Forschung, die gemeinsam von Chemikern und Biologen betrieben wird.

Der vielgeehrte Wissenschaftler, Mitglied von 52 wissenschaftlichen Gesellschaften und Akademien, Träger des Nobelpreises, der Helmholtz-Medaille und des Ordens Pour le mérite, Träger einer Vielzahl von Ehrendoktorwürden, starb am 1. März 1911. Er hinterließ der Welt eine Anzahl umfassender Theorien, die noch heute in der Chemie eine unveränderte Bedeutung haben. Seine Erkenntnisse, Gedanken und Anregungen haben auch für die Mineralogie und Lagerstättenkunde sowie für die Biologie Bedeutung.

Van't Hoff ging als Begründer der Stereochemie, als Schöpfer und Gestalter der



Lehre vom chemischen Gleichgewicht, von der Reaktionsgeschwindigkeit und der elektrolytischen Dissoziation und als Entdecker der Zusammenhänge zwischen osmotischem Druck und Gasdruck in die Geschichte der Wissenschaft ein.

Johann Nicolaus Brönsted · Michail Iljitsch Ussanowitsch

In der Geschichte der Chemie haben die Begriffe Säure und Base eine lange Entwicklung durchlaufen. In den letzten fünfzig Jahren hat die Begriffsbildung nach der Aufstellung der Elektronentheorie der Valenz neue Anregungen erhalten und in den Arbeiten von Brönsted und Ussanowitsch ihren Höhepunkt gefunden. Die erste allgemeingültige Definition der Säuren und der Basen war auf Grund der Dissoziationstheorie von Arrhenius möglich geworden. Eine mathematische Erfassung der Eigenschaften der Säuren und Basen wurde mit der Einführung des pH-Wertes durch Sörensen (1900) gegeben. Grenzen dieser Erklärung ergaben sich bei Arbeiten in wasserähnlichen Lösungsmitteln, wie flüssigem Ammoniak. An einer umfassenderen Deutung hatten mehrere Wissenschaftler Anteil, so der Engländer Lowry und die Dänen Brönsted und Bjerrum.

Johann Nicolaus Brönsted wurde am 22. Februar 1879 in Varde (Dänemark) geboren. 1897 begann er das Studium in Kopenhagen. 1899 legte er ein polytechnisches Examen für Fabrikgenieure ab, erlangte 1902 den Grad eines Magisters der Wissenschaften und promovierte 1908. Als Professor für Chemie an der Universität in Kopenhagen war er Direktor der Polytechnischen Lehranstalt des Physikalisch-chemischen Laboratoriums. 1930 wurde er Direktor des Physikalisch-chemischen Institutes der Technischen Hochschule in Kopenhagen.

Bei seinen Forschungsarbeiten, zum Beispiel seinen Affinitätsstudien, berücksichtigte er stets physikalisch-chemische Berechnungen. In seinen zahlreichen Veröffentlichungen findet man Ermittlungen von osmotischen Koeffizienten, Aktivitätskoeffizienten, spezifischen Wärmen und elektromotorischen Kräften. Umfangreiche Untersuchungen von Lösungen fanden ihren Niederschlag in vielen Artikeln, die er seit 1914 in chemischen Fachzeitschriften veröffentlichte.

1912 arbeitete Brönsted an einem Lehrbuch für Physikalische Chemie mit, 1916 erschien ein von ihm verfaßter Grundriß der Anorganischen Chemie.

In den zwanziger Jahren arbeitete Brönsted zusammen mit Hevesy an der Isotopen-trennung durch fraktionierte Destillation und an der Atommassebestimmung von Quecksilber und Chlor. 1921 wurde er zum Vorsitzenden des *Ramsay*-Komitees gewählt.

Auf Grund seiner umfangreichen Untersuchungen der Eigenschaften von Salzlösungen kam Brönsted 1923 zu einer neuen Definition der Säuren. Durch physikalisch-chemische Messungen in Lösungen und auf den theoretischen Grundlagen, die von Arrhenius und durch das Massenwirkungsgesetz gegeben waren, gelangte er zu einem vertieften allgemeineren Verständnis des Charakters der protonenabspaltenden Säuren, der Säuren im klassischen Sinne.

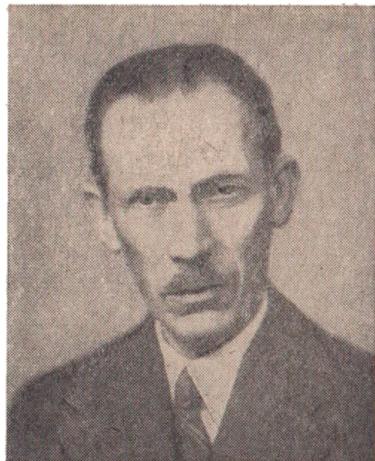
1926 ging Brönsted für einige Jahre als Gastprofessor in die USA. Er hielt Vorlesungen an der Yale-Universität, der Columbia-Universität und anderen amerikanischen Hochschulen. 1928 erhielt er die Ørsted-Medaille. 1929 wurde er Mitglied der American Academy of Arts and Sciences. Auch in diesen Jahren arbeitete er weiter an der Vertiefung der Säuretheorie und entwickelte theoretische Vorstellungen zur Deutung von säure- und basenkatalysierten Reaktionen und katalytischen Phänomenen. Daneben führte er die begonnenen physikalisch-chemischen Untersuchungen der Lösungen und ihrer thermodynamischen Eigenschaften sowie der Katalysevorgänge weiter. Sein Arbeitsgebiet erweiterte er in den folgenden Jahren noch durch intensive kolloidchemische Untersuchungen, durch Studien zum Einfluß des Lösungsmittels auf bestimmte Reaktionen und schließlich durch physikalisch-chemische Arbeiten zur Bestimmung der Eigenschaften von Hochpolymeren.

Im Alter von 68 Jahren starb Brönsted am 17. Dezember 1947 in Kopenhagen.

Bis in die Gegenwart hinein genießt Brönsted die uneingeschränkte Anerkennung und Bewunderung für seine Säure-Base-Theorie.

Brönsted definierte Säuren und Basen nach der Rolle des Wasserstoffions im Säure-Base-System.





In den folgenden Jahren führten Untersuchungen von *Walden*, *Jander*, *Sidgwick* und auch *Lewis* zu der Notwendigkeit, umfassendere Ansichten über die Begriffe Säure und Base zu finden. Im gleichen Jahr wie *Brönsted* und *Lowry* formulierte *G. N. Lewis* seine Gedanken zur Erweiterung der Säure-Base-Theorie. *Lewis* ging zur Begründung seiner Theorie von der Elektronenstruktur der Säuren und Basen aus und von der Funktion eines Elektronenpaares bei der koordinativen, kovalenten Bindung. Nach *Lewis* sind für das Säure-Base-Verhalten vier experimentell überprüfbare Kriterien charakteristisch:

1. Die Umsetzung von Säure und Base zu neutralen Endprodukten erfolgt sehr rasch.
2. Eine Säure oder Base verdrängt eine schwächere Säure oder Base aus ihren Verbindungen.
3. Säuren und Basen können gegeneinander durch Anwendung von Farbindikatoren titriert werden.
4. Säuren und Basen spielen eine außerordentlich wichtige Rolle bei der Beschleunigung chemischer Prozesse durch ihre katalytische Wirkung.

Aus den vier Kriterien und der Zurückführung der Eigenschaften auf die Elektronenstruktur leitete dann *Lewis* folgende Definitionen ab: Säuren sind Teilchen, die ein Elektronenpaar unter Bildung einer kovalenten Bindung aufnehmen.

Basen sind Teilchen, die bei der Bildung kovalenter Bindungen ein Elektronenpaar liefern.

Die von *Ussanowitsch* entwickelte theoretische Anschauung zur Definition der Säuren kann als eine Weiterentwicklung der *Brönsted*schen Theorie angesehen werden. Diese Definition geht aber weit über die von *Brönsted* gegebene hinaus und befreit das chemische Denken von der Begrenzung, die die Säuretheorien für wasserstoffhaltige Säuren mit sich bringen mußten.

Ussanowitsch hat die wissenschaftliche Leistung *Brönsteds* als den Gipfel der Säuretheorie für die klassischen Säuren bezeichnet. In seinen Darlegungen aus dem Jahre 1964 zeigt *Ussanowitsch* die Grenzen der Möglichkeit einer weiteren theoretischen Entwicklung bei dieser wissenschaftlichen Fragestellung auf. Er grenzt damit

einen historischen Abschnitt der Chemie als Wissenschaft ab. Nur aus dem Blickwinkel einer neuen wissenschaftlichen Epoche konnte eine so endgültige Stellung zu den althergebrachten Vorstellungen von Stoffklassen und den klassischen Begriffen „Säure“ und „Base“ mit erschöpfender Klarheit bezogen werden.

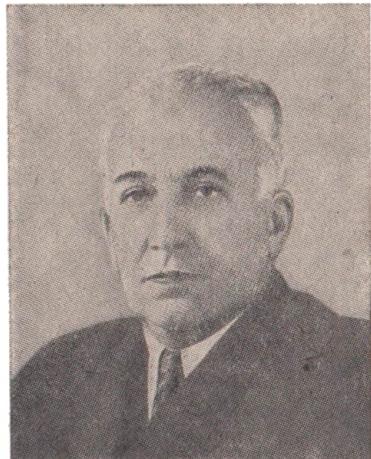
Michail Iljitsch Ussanowitsch wurde am 16. Juni 1894 als Sohn eines Arztes in Schitomir (Ukraine) geboren. 1912 schloß er das dortige Knabengymnasium mit der goldenen Medaille ab. Er studierte bis 1917 an der physikalisch-mathematischen Fakultät der Universität Kiew.

Seine Lehrtätigkeit begann er im Jahre 1918 an einer Kiewer Abendschule für Frauenkurse. Zu dieser Zeit führte er auch praktische Arbeiten im biochemischen Laboratorium der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften bei *Wernadski* durch. Von 1924 bis 1929 war er Mitarbeiter am Kiewer Polytechnischen Institut von *Piotnikow* und leitete gleichzeitig eine chemisch-pharmazeutische Fabrik.

1929 siedelte *Ussanowitsch* nach Tomsk über und arbeitete zunächst am Lehrstuhl für Analytische Chemie, später am Lehrstuhl für Anorganische Chemie der dortigen Universität. 1930 wurde er zum Professor ernannt. 1935 wurde er als Direktor des Chemischen Instituts an die Universität Taschkent berufen und übernahm den Lehrstuhl für Physikalische Chemie. 1944 übernahm *Ussanowitsch* den Lehrstuhl für Physikalische Chemie der Kasachischen Universität. 1946 wurde er korrespondierendes Mitglied, 1962 ordentliches Mitglied der Kasachischen Akademie der Wissenschaften. *Ussanowitsch* wurde mit mehreren Orden und Medaillen der UdSSR geehrt und besitzt eine Reihe akademischer Auszeichnungen, darunter die Ehrennadel der Pädagogischen Hochschule Potsdam.

Eine Vielzahl experimenteller Arbeiten zur Untersuchung der Leitfähigkeit und Viskosität der Lösungen von Metallhalogeniden und einer Reihe von Säuren in organischen sauerstoff- und stickstoffhaltigen Stoffen führten *Ussanowitsch* zu der grundlegenden Schlußfolgerung, daß eine notwendige Voraussetzung für das Entstehen der Leitfähigkeit einer Lösung, die ein Gemisch von nichtleitenden Komponenten enthält, die Bildung stöchiometrischer Verbindungen ist. Unter der Annahme, daß Elektrolyte in einem Zweistoffsysteem Verbindungen zwischen den Komponen-

Michail Iljitsch Ussanowitsch
geb. 1894



ten sind, deren Bildung dem Massenwirkungsgesetz unterliegt, und daß die Leitfähigkeit der Lösung der Elektrolytkonzentration proportional ist, kommt er zur Beziehung für die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Konzentration.

In dieser Arbeit wurde schon versucht, eine quantitative Theorie, die sich auf alle Konzentrationen sämtlicher Elektrolyte erstreckt, aufzustellen. Die Kurven für die Abhängigkeit des Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit von den Konzentrationen dieser Lösungen haben einen Extremwert, der der Zusammensetzung der Verbindungen entspricht. Indem Ussanowitsch folgerichtig schloß, daß die Stromleitung durch in Lösungen gebildete Verbindungen erfolgt, revidierte er die allgemein angenommene Deutung für das Maximum der spezifischen Leitfähigkeit und zeigte, daß das nicht aus der klassischen Theorie der elektrolytischen Dissoziation folgt und auch dem Ostwaldschen Gesetz widerspricht. Das Ostwaldsche Gesetz erfordert einen Zusatz, denn die spezifische Leitfähigkeit nimmt danach ständig mit wachsender Elektrolytkonzentration zu, wobei dieses Wachstum langsam sein muß, aber nicht durch ein Maximum führt.

Die An- oder Abwesenheit eines Maximums der spezifischen Leitfähigkeit im System ohne Reaktionen, jedoch mit einer leitenden Komponente, steht im Zusammenhang mit der Viskosität der Lösungen und wird durch das Verhältnis der Viskositäten der Komponenten bestimmt, aber nicht durch die Größe der Dielektrizitätskonstanten. Bei der Korrektur der spezifischen Leitfähigkeit unter Berücksichtigung der Viskosität bleibt das Maximum des Kurvenverlaufs in jenen Fällen erhalten, in denen die Komponenten Verbindungen bilden, die den elektrischen Strom leiten. Das Vorhandensein oder das Nichtauftreten des Maximums in Diagrammen der korrigierten Leitfähigkeit kann als Kriterium für die qualitative Beurteilung der Bildung von Verbindungen genutzt werden; dieselbe Größe – die korrigierte Leitfähigkeit – dient als Maß dafür, inwieweit die Säure-Base-Reaktion verläuft. Alle diese Aussagen sprechen gegen das spezifische Ionisationsvermögen der Lösungsmittel und untergraben endgültig die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius. Eng verbunden mit den betrachteten Problemen ist die Erscheinung der anomalen Leitfähigkeit, die 1899 entdeckt wurde. Die mathematische Analyse der anomalen

Kurven führte *Ussanowitsch* zu der Schlußfolgerung, daß normale Abhängigkeiten nicht existieren und daß die anomalen Kurven eben die normalen sind und keine Ausnahmen.

Daraus zog *Ussanowitsch* weiterhin den Schluß, daß die notwendige Voraussetzung für die Leitfähigkeit die Reaktion einer Säure mit einer Base ist, was zur Bildung von Elektrolyten, von Salzen, führt. Als Säuren fungieren in diesem Sinne auch Stoffe wie Arsentrichlorid, Antimontrichlorid usw. Folglich war eine neue Definition für Säuren und Basen notwendig.

1938 veröffentlichte *Ussanowitsch* seine theoretischen Anschauungen über Säuren und Basen. Die grundlegende These dieser Theorie besteht in der Ablehnung des Wasserstoffs als universellen Träger der sauren Eigenschaften. Säuren sind nach *Ussanowitsch* alle Stoffe, die in der Lage sind, mit Basen zu reagieren, wobei Salze entstehen. Unter diesen Stoffen sind sehr viele, die in ihrer Zusammensetzung keinen Wasserstoff enthalten. Insbesondere müssen zu den Säuren alle Kationen gezählt werden. Die Amphoterie wird in diesem Zusammenhang folgendermaßen gesehen: Amphoter sind allgemein alle polaren Stoffe. Die Fähigkeit der Stoffe, sowohl als Säure als auch als Base auftreten zu können, in Abhängigkeit von entsprechenden Partnern, zeigt den relativen Charakter der Eigenschaften der Stoffe. Die Reaktionen zwischen Stoffen, die entgegengesetzte, saure oder basische, Funktionen haben, führt zur Schwächung, aber nicht zum vollständigen Auslöschen dieser Funktionen. Aus diesem Grunde ist der Schluß unumgänglich, daß Azidität und Basizität Eigenschaften sind, die mehr oder weniger für alle Stoffe charakteristisch und nicht an die Zugehörigkeit der Stoffe zu einer bestimmten Klasse von Verbindungen geknüpft sind. Die Theorie *Ussanowitschs* ist eine zutiefst dialektisch durchdrungene Betrachtungsweise des Säurebegriffs.

Alle seine Darlegungen über Säuren und Basen überzeugen davon, daß man es dabei mit chemischen Funktionen zu tun hat und nicht mit bestimmten Klassen von Stoffen. Die Begriffe Säure und Base stehen in einem ähnlichen Zusammenhang miteinander wie die Begriffe Oxydations- und Reduktionsmittel. Die Komplexbildungsreaktionen werden ebenfalls als Säure-Base-Reaktionen aufgefaßt.

In den letzten drei Jahrzehnten vertiefte *Ussanowitsch* seine allgemeine Säure-Base-Theorie durch viele experimentelle Befunde. Seine Untersuchungen über die Reaktionen der Halogenide von Zinn, Titan, Arsen, Antimon, Eisen u. a. mit organischen Verbindungen verschiedener Stoffklassen sind für die Komplexchemie von besonderem Interesse. Die physikalische Analyse stellt die grundlegende Untersuchungsmethode in seinen Arbeiten zum Studium der Lösungen dar. *Ussanowitsch* kam zu interessanten Beziehungen zwischen bestimmten thermodynamischen Eigenschaften. Er beschäftigte sich tiefgründig mit der Untersuchung des Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit, der Viskosität, des Brechungsexponenten und anderer physikalischer Eigenschaften der Lösungen, z. B. Kompressibilität des Dampfes, Siede- und Schmelztemperatur sowie der dafür gültigen Gesetzmäßigkeiten.

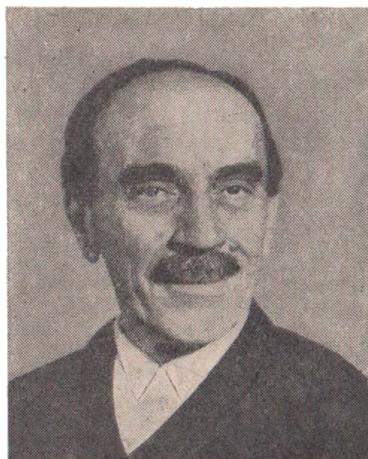
In der Zeit seines langjährigen Schaffens gingen aus seiner Schule mehr als 60 Kandidaten der Wissenschaften hervor, von denen etwa 20 bereits Doktoren der Wissenschaft und Professoren sind; zwei von ihnen sind Mitglieder von Akademien der Wissenschaften verschiedener Unionsrepubliken der UdSSR.

Die Namen *Brönsted* und *Ussanowitsch* sind untrennbar verbunden mit der Entwicklung der Säure-Base-Theorie. Die Aussagen dieser beiden Wissenschaftler stellen die bedeutendsten theoretischen Ergebnisse auf diesem Gebiet dar. Ihre Erkenntnisse schließen viele theoretische Überlegungen ihrer Zeitgenossen in sich ein.

Nikolai Nikolajewitsch Semjonow

Es war eine der ersten Maßnahmen der jungen Sowjetmacht unter der Führung *Lenins*, an die großen demokratischen Traditionen der russischen Wissenschaftler anzuknüpfen und die russischen Gelehrten für den sozialistischen Aufbau zu gewinnen. In der ganzen Welt anerkannte Gelehrte, wie der Physiologe *Pawlow*, der Chemiker *Selinski*, der Physiker *Joffe*, stellten ihre Fähigkeiten in den Dienst des sozialistischen Aufbaus und schufen die ersten Schulen der Sowjetwissenschaft, aus denen eine große Anzahl fähiger Gelehrter hervorging.

Einer der Gelehrten, die von den ersten Tagen des Aufbaus der sowjetischen Wissen-



Nikolai Nikolajewitsch Semjonow
geb. 1896

schaft an als Lehrer und Forscher den erfolgreichen Aufstieg mitgestalteten, ist *Nikolai Nikolajewitsch Semjonow*.

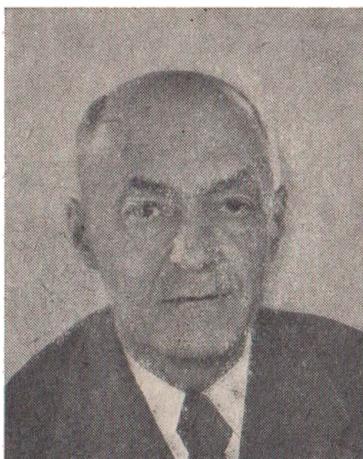
Nikolai Nikolajewitsch Semjonow wurde am 3. April 1896 in Saratow an der Wolga geboren. Er studierte an der Universität Petrograd, wo er 1917 promovierte. *Semjonow* gehört zu den Schülern des bedeutenden sowjetischen Physikers *A. F. Joffe*. Seine Dissertation beschäftigte sich bereits mit den Problemen, auf die er in den folgenden Jahren seine Forschungsarbeit konzentrierte. Seine ersten Arbeiten galten der Theorie der molekularen Bindung. 1916 konnte er erstmals eine wissenschaftliche Abhandlung veröffentlichen. 1920 übernahm *Semjonow* das Laboratorium für Elektronenprozesse des Leningrader Polytechnischen Instituts und baute hier die Abteilung für physikalische Chemie auf. An diesem Institut wurde er 1928 Professor und ein Jahr später bereits zum korrespondierenden Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR gewählt.

1931 wurde er als Direktor des Instituts für Physikalische Chemie der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und 1932 zum ordentlichen Akademiemitglied berufen.

Das 1941 nach Kasan ausgelagerte Institut konnte 1944 nach Moskau zurückkehren, und *Semjonow* übernahm neben seiner Tätigkeit an der Akademie eine Professur für Physikalische Chemie an der Moskauer Lomonossow-Universität. Seine hervorragenden Fähigkeiten als Hochschullehrer waren Anlaß, ihn nach Beendigung des Krieges mit dem Wieder- und Neuaufbau von Lehr- und Forschungseinrichtungen zu beauftragen. Seine Einsicht in die Notwendigkeit der Einheit von Lehre, Forschung und Erziehung führten ihn auch in späteren Jahren zur verantwortlichen Mitarbeit in der Weltföderation der Wissenschaftler. Seine Gedanken über die Rolle der Wissenschaften und die Aufgaben des Wissenschaftlers in unserer Zeit und in der Zukunft konnte er auf dem Internationalen Symposium über Hochschulbildung 1962 in Moskau darlegen.

Semjonow äußerte damals: „Ein charakteristisches Merkmal der modernen Wissenschaft besteht darin, daß sie den inneren Aufbau der Materie intensiv erforscht und hierdurch eine neue, noch nie dagewesene Technik und neue Produktionsverfahren hervorbringt.“

Cyril Norman Hinshelwood, geb. 1897,
englischer Physikochemiker,
erhielt 1956 gemeinsam mit N. N. Semjonow
den Nobelpreis für Chemie



Die anscheinend abstrakte Erforschung der Materieeigenschaften, die keine praktische Bedeutung hat, führt früher oder später zu revolutionären Umwälzungen in der Industrie, die um so tiefgreifender sein werden, je größer die rein wissenschaftliche Bedeutung dieser Forschung ist“ [93; S. 24].

Für seine hervorragenden Leistungen beim Aufbau der Wissenschaften in der Sowjetunion wurde er mit hohen Ehrungen bedacht. Fünfmal erhielt er den Leninorden und ist Träger des Ordens vom Roten Arbeitsbanner. Seine wissenschaftlichen Arbeiten sind in der ganzen Welt geachtet. Bereits 1934 erschien seine Monographie „Chemische Kinetik und Kettenreaktionen“ und 1954 das Werk „Einige Probleme der chemischen Kinetik und Reaktionsfähigkeit“, beide Werke sind in viele Sprachen übersetzt worden und trugen dazu bei, das Ansehen der sowjetischen Wissenschaft in der Welt zu fördern. Nach der Verleihung des Nobelpreises an Pawlow im Jahre 1904 und an Metschnikow im Jahre 1908 war Semjonow der dritte russische Wissenschaftler und der erste sowjetische Gelehrte, der diese hohe Auszeichnung erhielt. Gemeinsam mit dem britischen Gelehrten Sir Cyril Norman Hinshelwood, mit dem ihn jahrelange persönliche Freundschaft verband, erhielt N. N. Semjonow 1956 den Nobelpreis für Chemie für Untersuchungen über den Mechanismus chemischer Reaktionen.

Daß 55 Jahre nach der Verleihung des ersten Nobelpreises für Chemie an van't Hoff erstmalig wieder ein Nobelpreis für Chemie für Arbeiten auf dem Gebiet der Reaktionskinetik vergeben wurde, zeichnet die Ehrung Semjonows noch besonders aus.

Internationale Anerkennung wurde Semjonow nicht nur durch die Übersetzung seiner Arbeiten in andere Sprachen zuteil, auch die Verleihung der Ehrendoktorwürde durch eine Reihe ausländischer Universitäten und die Aufnahme in ausländische Akademien, so in die Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Jahre 1967, sind als hohe Achtung zu erkennen, die die Welt dem Gelehrten und Kommunisten N. N. Semjonow entgegenbringt.

Das wissenschaftliche Werk Semjonows ist fast ausschließlich der Erforschung der Reaktionskinetik und der Theorie der Kettenreaktionen gewidmet. Untersuchungen über den Ablauf chemischer Reaktionen und Versuche, diesen Ablauf auch mathe-



matisch zu erfassen, begannen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Sie erhielten zu dem Zeitpunkt besondere Bedeutung, als die Katalyse hinsichtlich der Beziehungen zwischen Ausgangsstoffen, Katalysator und Endprodukt und bestimmter Bedingungen wie Zeit, Temperatur u. ä. erforscht wurde. Auch die Erforschung von Gasreaktionen, Bildung und Zersetzung gasförmiger Verbindungen, wie sie zu Beginn unseres Jahrhunderts von *Bodenstein, Bunte, Haber, Nernst* untersucht wurden, haben die Bildung bestimmter Theorien beeinflußt. Im Zusammenhang mit katalytischen Prozessen trat das Problem der Kettenreaktion auf, das von *Bodenstein* 1913 erstmalig in einer Theorie zusammengefaßt wurde, die auf einer Folge von Untersuchungen beruhte. Das Ergebnis dieser Untersuchungen war, daß „offenbar sehr häufig der wirkliche Verlauf der Reaktion ein ganz anderer ist, als ihn die stöchiometrische Bruttogleichung zunächst erwarten läßt“ [94; S. 419]. Der Ablauf chemischer Reaktionen wurde nach der Auffassung *Bodensteins* und anderer folgendermaßen gedeutet: Bei der Chlorknallgasreaktion beginnt der Reaktionsablauf mit der Aufspaltung eines Chlormoleküls in Atome. Diese Reaktion wird als Startreaktion bezeichnet. Die Startreaktion löst dann eine Folge von Reaktionen zwischen Chlor- und Wasserstoffatomen beziehungsweise Chlor- und Wasserstoffmolekülen aus, die als Reaktionskette bezeichnet wird, und letztlich läuft diese Kette mit einer „Abbruchreaktion“ aus.

Diese Theorie wurde nun von *Semjonow* aus ihrer allgemeinen Bedeutung für eine große Anzahl von praktischen Problemen nutzbar gemacht. Er hat diese Theorie vor allem auf Verbrennungsprozesse angewendet und in der Weiterentwicklung zur Theorie der Kettenverzweigung ein wertvolles Mittel zur Regulierung des Reaktionsablaufes geschaffen. Seine Erkenntnis, daß nicht nur bei den Startreaktionen, sondern auch in der Reaktionskette mehr als ein aktives Teilchen entsteht, die Kette sich also verzweigt, ergab Möglichkeiten der Reaktionsbeeinflussung in der Hinsicht, daß einmal Reaktionen zu immer größerer Heftigkeit gesteigert werden können, zum anderen Reaktionen auch verhindert werden können. Praktische Bedeutung haben diese Feststellungen für die Herstellung hochwertiger klopfester Kraftstoffe. *Semjonow* hat die Bedeutung reaktionskinetischer Forschungen stets herausgestellt.

Er hat darauf verwiesen, daß die Kenntnisse über den chemischen Prozeß außerordentlich wichtig sind. Der chemische Prozeß ist das Grundphänomen, das die Chemie von der Physik unterscheidet und die Chemie letztlich zu einer komplizierteren Wissenschaft macht. Die Tatsache, daß kinetische Arbeiten ihrer Anzahl nach hinter anderen chemischen Forschungskomplexen zurückbleiben, meint *Semjonow* damit zu erklären, daß „die Entwicklung der Theorie eines chemischen Vorganges auch bedeutend schwieriger ist als die Entwicklung der Theorie der chemischen Struktur“ [95; S. 111].

In seinem Nobelvortrag hat *Semjonow* auch auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Reaktionskinetik verstärkt in das Forschungsprogramm aufzunehmen. Er sagte: „Es ist eine der Hauptaufgaben der Chemie, die Möglichkeit zu schaffen, die Geschwindigkeit eines chemischen Umwandlungsprozesses und seine Richtung rationell regulieren zu können. Leider bleiben in dieser Richtung die Chemie und die chemische Industrie hinter der Radiotechnik, der Elektronik, der Atomtechnik usw. zurück, wo die Technologie weit mehr auf theoretischer Voraussicht und Berechnung beruht. Die Kettenreaktion zeigt auch hier die ersten Möglichkeiten“ [95; S. 111].

Semjonow ist es in den Jahren, in denen er sich mit der Erforschung des Ablaufes chemischer Reaktionen befaßte, gelungen, die Theorien *Bodensteins* und anderer der Praxis nutzbar zu machen. Die Kenntnis des Ablaufes einer Kettenreaktion ermöglicht viele neue Schlußfolgerungen, die Geschwindigkeit einer Reaktion und sogar ihre Ausbeute zu regulieren und eine chemische Reaktion in die gewünschte Richtung zu steuern. In der Praxis wirken sich diese Möglichkeiten bei der Vervollkommenung und Entwicklung neuer industrieller Verfahren aus, z. B. der Herstellung hochwertiger klopfester Kraftstoffe.

Aber auch für die Erweiterung theoretischer Ansichten, so der Wirkungsweise freier Radikale und bestimmter Reaktionsmechanismen sind die Arbeiten *Semjonows* von Bedeutung.

Die wissenschaftlichen Leistungen *Semjonows* sind ein Beispiel für die unmittelbare Anwendung neuer Erkenntnisse in der Praxis. Gleichzeitig sind sie aber auch ein Beispiel dafür, daß die Chemie nur in Verbindung und unter Nutzung der Methoden

und Theorien der anderen Naturwissenschaften, vor allem der Physik und der Mathematik, zu neuen Ergebnissen kommt.

Daß aber nicht nur die Zusammenarbeit der Wissenschaftler der verschiedensten Fachrichtungen für die Zukunft der Wissenschaft von Bedeutung ist, sondern neben der fachlichen Zusammenarbeit auch das gemeinsame Anliegen, die Wissenschaft vor jeglichem Mißbrauch zu wahren, ist für den Sowjetbürger und Kommunisten N. N. *Semjonow* unbedingte Notwendigkeit. Sein Nobelvortrag 1956 schloß mit dem Appell an die Gelehrten der ganzen Welt um das gemeinsame Bemühen, die Wissenschaft weiterzuentwickeln „zugunsten der friedlichen Entwicklung und des Wohlstandes der Menschheit“ [95; S. 111].

Im Sinne seines Appells hat *Semjonow* seine Aufgabe als Forscher, Lehrer und Erzieher junger sowjetischer Wissenschaftler nicht nur in der Arbeit im Labor und im Hörsaal gesehen, sondern immer seine Kraft gesellschaftlichen und politischen Aufgaben gewidmet.

Struktur der Stoffe

Maria Skłodowska-Curie · Pierre Curie

Hervorragende wissenschaftliche Leistungen, so die Entdeckung des Elektrons durch *Thomson*, die Arbeiten *Becquerels*, die darauffolgende Entdeckung der Radioaktivität durch das Forscherehepaar *Maria Skłodowska-Curie* und *Pierre Curie* bis hin zu den Arbeiten von *Planck* und *Einstein*, die gegen Ende des 19. Jahrhunderts und zu Beginn unseres Jahrhunderts vollbracht wurden, waren mit dem Weltbild der klassischen Physik nicht mehr vereinbar. Nach diesem Weltbild ist die Welt aus materiellen Teilchen, aus Atomen, aufgebaut, die eine unveränderliche Masse besitzen, un durchdringlich und unteilbar sind und sich nicht ineinander umwandeln können.

Die Vorstellung von der Unveränderlichkeit der Atome wurde mit der Entdeckung und Erklärung der Radioaktivität beseitigt. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen machte die Behauptung von der Undurchdringlichkeit der Materie hältlos. Außerdem zeigte die Entdeckung des Elektrons, daß das Atom eine komplizierte Struktur besitzt und aus noch kleineren Teilchen aufgebaut ist.

Diese wissenschaftlichen Ergebnisse, die das mechanische Weltbild erschütterten, zeigten, daß es in der Natur dialektisch zugeht, „daß die modernen Wissenschaften den dialektischen Materialismus gebären“ [80; S. 304]. In derselben Zeit, in der der Imperialismus aufkam, kam es zu einer endgültigen Absage seitens der Naturwissenschaftler an die klassische bürgerliche Philosophie. Da jedoch der dialektische Materialismus der Mehrheit der Naturwissenschaftler fremd war, hatten die neuen Ergebnisse der Naturwissenschaft auf dem Gebiet der Philosophie die Wiedergeburt und das Neuerstehen reaktionärer Auffassungen zur Folge, so des Neukantianismus, des Empiriokritizismus, Energetismus u. a.

Lenin charakterisierte diese Zeit wie folgt: „Man muß bedenken, daß gerade aus dem jähnen Umbruch, den die moderne Naturwissenschaft durchmacht, immer wieder reaktionäre philosophische Schulen und Zwergschulen, Richtungen und Zwergrichtungen hervorgehen“ [96; S. 527]. Um reaktionäre philosophische Interpretationen zu widerlegen, wertete *Lenin* die neuen naturwissenschaftlichen Entdeckungen, einschließlich der Ergebnisse der Atomforschung, vom Standpunkt der marxistischen Wissenschaft aus und schrieb im Jahre 1913:

„Die neuesten Entdeckungen der Naturwissenschaft – Radium, Elektronen, Ver-



wandlung der Elemente – haben den dialektischen Materialismus von Marx glänzend bestätigt, trotz der Lehren der bürgerlichen Philosophen mit ihrer ständig ‚neuen‘ Rückkehr zum alten und faulenden Idealismus“ [96; S. 69].

Das Unvermögen, diese Entdeckungen materialistisch zu deuten, trug zu der von Lenin in seinem Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“ analysierten Krise in der Physik um die Jahrhundertwende bei; denn viele Naturwissenschaftler und Philosophen werteten die Erscheinungen der Radioaktivität als ein Beispiel für das Verschwinden der Materie und betrachteten daraufhin Materie und Energie getrennt. Lenin wies nach, daß infolge der großen Entdeckungen der bisherige naturwissenschaftliche Materiebegriff unhaltbar wurde und auch die Entdeckung der Radioaktivität die entstandene philosophische Krise überwinden helfen kann, wenn sie mit den richtigen philosophischen Schlußfolgerungen verbunden wird.

Maria Skłodowska wurde am 7. November 1867 in Warschau geboren. Ihr Elternhaus förderte die Entwicklung wissenschaftlicher und literarischer Interessen. Der Vater, ein Absolvent der Petersburger Universität, war Physik- und Mathematiklehrer, und die Mutter leitete eine Mädchenschule in Warschau. Beide gehörten dem Teil der polnischen Intelligenz an, der aus dem niederen Adel stammte.

Maria Skłodowska besuchte private und staatliche Schulen. Die Bedingungen zum Lernen waren damals in Polen, das seit dem Wiener Kongreß von 1815 unter zaristischer Herrschaft stand, sehr erschwert. Alle, die für die nationale Würde und Unabhängigkeit eintraten, wurden verfolgt. Auch die Atmosphäre in den staatlichen Schulen war unerträglich. Diese Erlebnisse führten *Maria Skłodowska* in die Reihen polnischer Patrioten. Sie kam mit polnischen Revolutionären in Kontakt und unterstützte deren Kampf.

Der Vater regte ihre Liebe zur Poesie an und verhalf ihr zu umfassenden Kenntnissen der französischen, deutschen, russischen und englischen Literatur. Besondere Aufmerksamkeit aber genossen in der Familie Mathematik und Physik. Der Vater benutzte jede Gelegenheit, seinen fünf Kindern naturwissenschaftliche Kenntnisse zu vermitteln.

Mit knapp 15 Jahren beendete *Maria Skłodowska* als beste Schülerin der Klasse das

Gymnasium und ging im Jahre 1884 als Hauslehrerin aufs Land. In ihrer freien Zeit unterrichtete sie die Dorfbevölkerung. Diese Tätigkeit stand damals unter Strafe; denn ein gebildetes Volk war eine Gefahr für die zaristische Gewaltherrschaft.

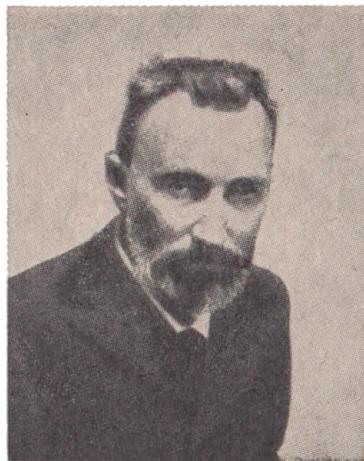
Angeregt durch andere Frauen, denen der Besuch von Hochschulen in Petersburg oder im westlichen Ausland gelungen war, bereitete sie sich für ein Studium der Fächer Mathematik und Physik vor. Im Alter von 24 Jahren hatte sie soviel Wissen erworben und Geld gespart, daß sie sich gegen gesellschaftliche Vorurteile durchsetzen und im Jahre 1891 das Studium an der Pariser Sorbonne aufnehmen konnte.

Sie studierte konzentriert und beharrlich, schloß dadurch empfindliche Wissenslücken und leistete in den Prüfungen Hervorragendes. „Für mich werden diese einsamen Jahre, die völlig dem Studium gewidmet waren, und die mit der Erreichung des Ziels endeten, das mir so lange vorgeschwungen hat, immer eine der besten Erinnerungen bleiben“, schreibt sie in ihrer Autobiographie [97; S. 23].

Im Jahre 1894 begegnete ihr *Pierre Curie*, mit dem sie in wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragen ähnliche Ansichten hatte und der ein völlig der Wissenschaft gewidmetes Leben anstrebte. Die gemeinsame Arbeit im Laboratorium, in dem *Maria Skłodowska* nach Abschluß ihres Studiums Vorarbeiten für ihre Doktorarbeit leistete, und die beiderseitige Zuneigung führten sie für immer zusammen.

Pierre Curie wurde am 15. Mai 1859 in Paris geboren. Der Vater war Arzt. Geld- und Zeitmangel hinderten ihn, seinem großen Interesse für die Naturwissenschaften nachzugehen. Sein fester republikanischer Standpunkt und die aufopferungsvolle Unterstützung der Pariser Kommune brachten ihm die Achtung des Volkes und den Verlust gutzahlender Patienten aus dem Bürgertum ein.

Eine Schule besuchte *Pierre Curie* nicht. Mutter, Vater und Bruder waren seine Lehrer. Mit 14 Jahren lehrte ihn ein ausgezeichneter Mathematiker elementare und höhere Mathematik. Seine Versuche, „kubische Determinanten“ aufzustellen und zu ergründen und die Frage nach einem allgemeingültigen Verfahren zur Lösung aller Arten von Gleichungen, ausgehend von der Symmetrie, zeugen von seiner Begabung. Als Sechzehnjähriger hatte er die Hochschulreife erlangt und studierte an



Pierre Curie
1859 bis 1906

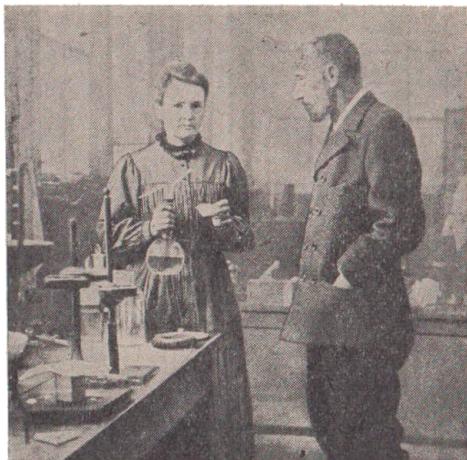
der Sorbonne Physik. Nach etwa drei Jahren hatte er bereits den niedrigsten akademischen Grad, das Lizentiat, erlangt. Er wurde dann zum Präparator an der naturwissenschaftlichen Fakultät ernannt und leitete fünf Jahre lang die physikalischen Übungen der Studenten. Durch Wanderungen, Flussfahrten und andere körperliche Betätigung suchte er einen Ausgleich für die geistige Belastung.

Im Alter von 20 Jahren begann er gemeinsam mit seinem Bruder Arbeiten über die Kristalle. Angeregt durch experimentelle Beobachtungen und mathematische Betrachtungen der elektrischen Eigenschaften der Kristalle studierte *Curie* die Symmetrie der Kristalle und sagte die Existenz der Piezoelektrizität voraus. Die experimentelle Bestätigung seiner Annahme fand er im Jahre 1880 zusammen mit seinem Bruder. Sie schufen im Verlauf ihrer Untersuchungen das *Curie*-Elektrometer und den piezoelektrischen Quarz, einen neuen Apparat zur Messung kleiner Elektrizitätsmengen. Beide Geräte leisteten ihm später bei den Untersuchungen über Radioaktivität große Dienste. Für ihre gemeinsame Arbeit, die bis zu *Pierre Curiers* Berufung im Jahre 1883 zum Leiter der wissenschaftlichen Arbeit an der École de physique in Paris andauerte, erhielten sie den Planté-Preis zuerkannt.

An der École de physique stand ihm anfangs kein Laboratorium zur Verfügung. Er nutzte die Zeit, um seine Mathematikkenntnisse zu erweitern und die Beziehungen zwischen Kristallographie und Physik theoretisch zu betrachten.

In den Jahren 1893 bis 1895 schloß er seine Arbeiten über das Prinzip der Symmetrie der Kristalle ab, das er in einer als klassisch anzusehenden Definition formulierte: „Wenn gewisse Ursachen gewisse Ergebnisse hervorrufen, müssen sich die Symmetrieelemente der Ursachen in den Ergebnissen wiederfinden . . . Wenn gewisse Zustände eine gewisse Dissymmetrie zeigen, so muß sich diese Dissymmetrie auch in den Ursachen erkennen lassen, die diese Zustände hervorgerufen haben . . . Die Umkehrung dieser beiden Sätze gilt nicht, wenigstens praktisch nicht, d. h., die erzeugten Ergebnisse können symmetrischer sein als die Ursachen“ [98; S. 20]. Das Prinzip der Symmetrie dehnte *P. Curie* auf alle physikalischen Erscheinungen aus und ließ sich dabei vom Determinismus leiten.

Gleichzeitig beendete er die im Jahre 1891 begonnene umfangreiche und berühmte



Arbeit über die Eigenschaften paramagnetischer und ferromagnetischer Stoffe. Er erhielt dafür 1895 von der naturwissenschaftlichen Fakultät zu Paris den Doktortitel und wurde im selben Jahr zum Professor an der École de physique ernannt.

Bei seinen Arbeiten über die Eigenschaften der Kristalle und beim Studium der Symmetrieprobleme kam *P. Curie* zu materialistischen und zugleich wesentlich dialektischen Auffassungen über den Raum und seine Eigenschaften.

Er war bereits ein anerkannter und geschätzter Wissenschaftler, als er im Jahre 1894 *Maria Skłodowska* erstmalig traf. Liebe und gemeinsame Arbeit festigten die Ehe der *Curies*. Häusliche Arbeiten, die *Maria Curie* infolge Geldmangels oblagen, hinderten sie nicht, die Berechtigung zum Lehren an Mädchenschulen zu erwerben und die Arbeit über magnetische Eigenschaften des Stahls erfolgreich abzuschließen (1897). Das war die erste selbständige wissenschaftliche Arbeit, mit der *Maria Curie* an die Öffentlichkeit trat.

Auch nach der Geburt ihrer Tochter *Irene* (1897) setzte *Maria Curie* ihre wissenschaftlichen Arbeiten fort und begann Ende 1897 mit ihrer Doktorarbeit, in der sie die Uranstrahlung untersuchte. Die Entdeckung *Becquerels*, daß Uransalze eine bis dahin unbekannte Strahlung abgeben, regte sie zu dieser Thematik an. Sie arbeitete in einem kleinen, provisorisch eingerichteten Laboratorium und entdeckte in mehrjähriger Arbeit, an der auch *Pierre* regen Anteil nahm, das Wesen dieser Strahlung und die radioaktiven Elemente Radium und Polonium.

Für den endgültigen Erfolg waren genaue Meßmethoden entscheidend, damit die durch die Uranstrahlung hervorgerufene Leitfähigkeit der Luft (Ionisation) quantitativ erfaßt werden konnte. Dazu dienten das von *Pierre Curie* und seinem Bruder entwickelte *Curie-Elektrometer*, der *Piezokarz* und eine Ionisationskammer.

Maria und *Pierre Curie* stellten fest, daß die Strahlung eine Eigenschaft der Uran- und Thoriumatome war. *Maria Curie* schlug für diese Eigenschaft der Atome die Bezeichnung „Radioaktivität“ vor.

Nachdem *Maria Curie* fand, daß es Mineralien gibt, deren Aktivität nicht proportional zu den Uran- oder Thoriumanteilen ist, begann die gemeinsame Suche nach einer unbekannten, stark strahlenden Substanz. *Pierre Curie* setzte zu diesem Zwecke

seine Arbeit über Kristalle nicht weiter fort. Zwischen beiden Forschern entwickelte sich eine gewisse Arbeitsteilung. Während *Maria Curie* die Pechblende aufarbeitete und später das isolierte Radium reinigte, untersuchte *Pierre* die physikalischen Eigenschaften der Strahlung.

Unzureichende Arbeitsbedingungen, Schwierigkeiten bei der Erzbeschaffung und fehlende Geldmittel erschwerten die Forschung, die im Jahre 1898 mit der Entdeckung des Poloniums und des Radiums gekrönt wurde. Bis zum Jahre 1902 stellte *Maria Curie* beide Elemente so weit rein dar, daß die Existenz und die Eigenschaften des Radiums als chemisches Element nachgewiesen werden konnten.

In Anerkennung dieser Leistung erhielt sie 1911 den Nobelpreis für Chemie, nachdem sie bereits 1903 gemeinsam mit *Becquerel* und *Pierre Curie* mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet worden war.

Pierre Curie wurde 1900 zum außerordentlichen Professor an die Sorbonne berufen. Nur durch außergewöhnliche Anstrengungen konnte er seine Radiumforschungen fortsetzen. Er entdeckte im Jahre 1903 die Erzeugung von Wärme durch das Radium und begründete die Radiumtherapie. Damit begann die praktische Nutzung dieser Entdeckung zum Wohle der Menschen.

Maria Curie wurde 1900 als Physiklehrerin in einem Mädchenseminar bei Paris angestellt, eine Anstellung, die der Verbesserung ihrer finanziellen Lage diente. Ende 1903 beendete sie ihre Doktorarbeit und erhielt das Diplom. Überanstrengt von der Arbeit und ihren sonstigen Verpflichtungen wurden die beiden Gelehrten durch lange Krankheit gezwungen, sich von der Öffentlichkeit weitgehend zurückzuziehen.

Am 19. April 1906 starb *Pierre Curie* infolge eines Verkehrsunfalles. *Maria Curie* setzte sein Werk fort und erhielt dazu den Lehrstuhl ihres Mannes. Sie war die erste Frau, die an der Sorbonne einen Lehrstuhl innehatte. Die Vorlesungstätigkeit war für sie Anerkennung und Ehre. Sie vernachlässigte ihre wissenschaftliche Arbeit nicht, obwohl sie außerdem für die Erziehung ihrer Töchter – die zweite wurde 1904 geboren – zu sorgen hatte. Sie vervollkommnete die Meßmethoden und stellte im Jahre 1907 einige Dezigramm sehr reinen Radiumchlorids dar. Mit diesem Salz

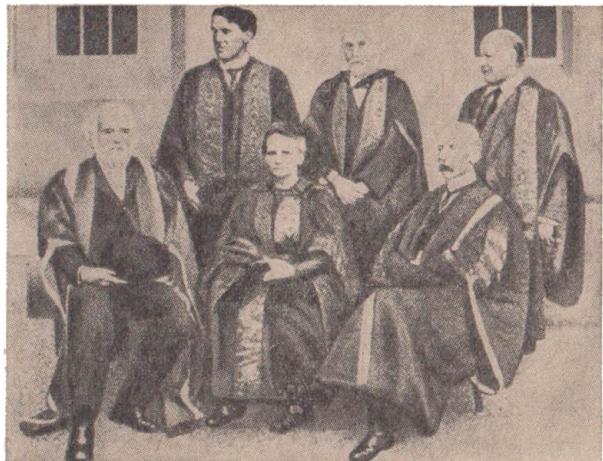
In Birmingham 1913

stehend:

Wood, Lorentz, Arrhenius;

sitzend:

O. Lodge, M. Curie, Warling



bestimmte sie die Atommasse des Radiums. 1910 erhielt sie metallisches Radium, ein Jahr später schuf sie im Auftrag einer internationalen Kommission das Primärnormal zur Messung der Radioaktivität. Die Internationale Kommission für Radiologische Einheiten legte 1953 die Einheit der Radioaktivität (Curie, C) neu fest, die nur um etwa 1 % von der durch *Maria Curie* gegebenen Bestimmung abweicht.

Die Anwendung der biologisch wirksamen Eigenschaften des Radiums zu Heilzwecken, der *Curie*therapie, empfand sie als herrlichen Preis für ihre jahrelangen großen Anstrengungen. *Pierre* und *Maria Curie* entdeckten an den von ihnen dargestellten radioaktiven Körpern, daß sie auch die in ihrer Umgebung befindlichen Gegenstände radioaktiv machten. *Maria Curie* nannte diesen Vorgang „induzierte Aktivität“. Diese Radiumstrahlen, die sich bald als richtiges Gas herausstellten, konnte sie abtrennen und in Tuben sammeln, die sie an die Krankenhäuser zur Heilung von Hautschäden abgab.

Mit Umsicht und Tatkraft setzte sie sich auf dem Gebiet des Gesundheitsdienstes ein und organisierte den radiologischen und radiotherapeutischen Dienst in Frankreich. Dieser Humanismus, verbunden mit einer großen Abscheu vor dem Krieg, wurde während des ersten Weltkrieges besonders deutlich. Sie gründete damals die „Abteilung Emanation“ beim Radiuminstitut und erweiterte die therapeutische Anwendung des Radiums.

Nach dem ersten Weltkrieg wollte sie mit Unterstützung der Regierung und einiger Privatpersonen ein Radiuminstitut schaffen, „das dem Andenken an *Pierre Curie* entsprechen und die Aufgaben im Dienste der höchsten Bedürfnisse der Menschheit erfüllen würde“ [97; S. 64]. Die Kriegsschäden verhinderten eine schnelle Entwicklung auf diesem Gebiete. Amerikanische Frauen, die ihr ein Gramm Radium schenkten, unterstützten ihre Arbeit.

So lobenswert diese Frauen handelten, so wenig kann es eine gesunde, allseitige und alle Möglichkeiten ausschöpfende Wissenschaftsentwicklung geben, wenn der Wissenschaftler auf Spenden als Beihilfe für die Finanzierung seiner Arbeit angewiesen ist. Diesen Zustand, der damals weit verbreitet war und auch heute noch in kapitalistischen Ländern anzutreffen ist, beklagte *Maria Curie* oft.

In den Jahren 1919 bis 1934 entstanden in diesem Radiuminstitut unter *Maria Curie* Leitung 483 wissenschaftliche Mitteilungen. Sie war ihren jungen Mitarbeitern Ratgeber, Helfer und ein aufmerksamer und sehr zugänglicher Leiter, der Wissenschaft und Pädagogik aufs engste verband.

Maria Curie verstand nicht nur zu arbeiten und zu forschen, sondern trug auch bewußt die Verantwortung für die neue Wissenschaft und deren praktische Anwendung. Der Völkerbund ernannte sie infolgedessen 1922 einstimmig zum Mitglied der Internationalen Kommission für geistige Zusammenarbeit, der auch *Albert Einstein* angehörte. *Maria Curie* setzte sich für die Entwicklung einer internationalen Dokumentation mit vereinheitlichter Symbolik und Terminologie ein, strebte nach einer koordinierten Wissenschaftsentwicklung und wollte für alle Schichten der Bevölkerung gleiche Bildungsmöglichkeiten schaffen. Deshalb forderte sie auch nachdrücklich die Gründung internationaler Studienfonds.

In Madrid präsidierte sie im Jahre 1933 einer Diskussion über die „Zukunft unserer Kultur“. Sie kämpfte für eine internationale Kultur, die die einzelnen nationalen Kulturen achtet und den Einfluß der Wissenschaft auf die Entwicklung der Welt erhöht.

Maria Curie setzte sich auch für die Gründung eines Radiuminstituts in Warschau ein. Mit Hilfe ihrer Schwester *Bronia* und mit Unterstützung des polnischen Volkes konnte dieses Institut errichtet werden und wurde am 29. Mai 1932 eingeweiht. *Maria Curie* reiste zu dieser Einweihung das letzte Mal nach Polen.

Im Jahre 1932 erhielt sie eine Staatspension, arbeitete aber trotz ihrer seit Jahren angegriffenen Gesundheit unermüdlich weiter. Am 3. Juli 1934 erlag die Begründerin der Radiologie der von ihr unterschätzten Strahlenkrankheit.

Die Arbeiten des Forscherehepaars *Curie* über die Radioaktivität gingen über die ersten empirischen Beobachtungen *Becquerels* hinaus. Entscheidend dafür waren neue Meßmethoden und Meßinstrumente sowie verbesserte Analysenmethoden, mit denen die Radioaktivität wesentlich genauer erfaßt werden konnte und weitere Entdeckungen möglich wurden, wie die der Elemente Radium und Polonium. Die Grundlage und der Leitfaden ihrer wissenschaftlichen Arbeit war für das Forscher-



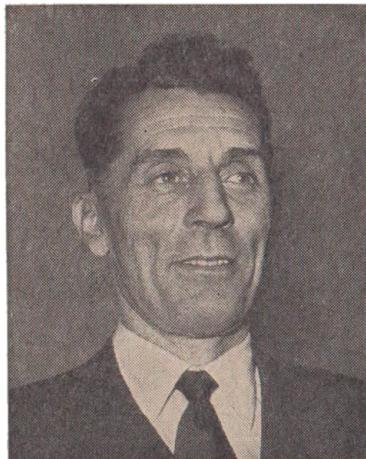
ehpaar *Pierre* und *Maria Curie* die Anerkennung der Realität der Atome. Damit bezogen sie die Position des Materialismus und konnten mit ihren wissenschaftlichen Leistungen den Materialismus entscheidend stützen. Auch sie trugen so dazu bei, daß die dialektisch-materialistische Weltanschauung durch weiteres Tatsachenmaterial erhärtet werden konnte.

Mit der Entdeckung des Radiums und des Poloniums wurde das Periodensystem der Elemente in der von *Mendelejew* begründeten Form vervollkommen und um eine weitere Periode ergänzt. Zugleich zeichnete sich aber ab, daß der bisherige Element- und Atombegriff auf Grund aller Entdeckungen der letzten drei Jahrzehnte veränderungsbedürftig war. Solche grundlegenden Veränderungen an zentralen chemischen Begriffen wurden durch die Arbeiten von *Maria* und *Pierre Curie* eingeleitet und in den nächsten Jahren dann durchgesetzt.

Irene Joliot-Curie · Frédéric Joliot-Curie

Das Forscherehepaar *Joliot-Curie* setzte die Untersuchungen, die *Maria* und *Pierre Curie* über die natürliche Radioaktivität eingeleitet hatten, fort und entdeckte die künstliche Radioaktivität. Es erwarb sich bedeutende Verdienste um die weitere Erforschung des Atombaues, insbesondere des Atomkerns.

Irene Curie wurde am 12. September 1897 als Tochter von *Maria* und *Pierre Curie* in Paris geboren. *Irene* besuchte zunächst eine Privatschule, später fand die Mutter bessere Formen für die Bildung und Erziehung ihrer Tochter. *Maria Curie* vertrat die Ansicht, daß der Schulunterricht im Lyzeum ungenügend durchdacht war und sah besondere Mängel in den zahlreichen Unterrichtsstunden, in der mechanischen Aneignung des Wissensstoffes, der außerdem zu wenig praktisch angewendet wurde, sowie in der Vernachlässigung der kulturellen und körperlichen Betätigung. Gemeinsam mit einigen befreundeten Universitätsprofessoren unterschiedlicher Fachrichtungen gründete sie eine Unterrichtsgemeinschaft. Naturwissenschaften, Literatur, Malerei und Bildhauerkunst wurden dort in Form von wissenschaftlichen Vorträgen, verbunden mit praktischen Übungen, gelehrt. Diese Unterrichtsmethode war für



Irene Curie nützlicher als der Lyzeumsbesuch. Sie legte die Reifeprüfung ohne Schwierigkeiten ab und begann bereits mit 17 Jahren das Studium an der Sorbonne.

Während des ersten Weltkrieges setzte sie ihr Studium fort und unterstützte gleichzeitig ihre Mutter bei der Entwicklung eines radiologischen Dienstes. Zu diesem Zweck besuchte sie einen radiologischen und einen Krankenpflegelehrgang. Mit 19 Jahren unterrichtete sie die Krankenschwestern, die am Radiuminstitut als Bedienungskräfte für die radiologischen Apparate ausgebildet wurden. Nach Abschluß ihres Studiums wurde sie bei ihrer Mutter im Radiuminstitut Assistent. Mutter und Tochter teilten die Freuden und Schwierigkeiten der Arbeit, unternahmen gemeinsame Reisen und traten vor internationalen Gremien auf.

Im Jahre 1925 promovierte sie über die α -Strahlen des Poloniums und lernte bei der gemeinsamen Arbeit *Frédéric Joliot* kennen, der damals Assistent von *Maria Curie* war.

Frédéric Joliot wurde am 19. März 1900 in Paris geboren. Sein Vater, ein Eisenhändler, hatte die Pariser Kommune kämpfend miterlebt, und so wurde *Joliot* bereits als Kind mit dem gerechten Kampf gegen Ausbeutung und Krieg bekannt gemacht.

Joliot besuchte das Gymnasium in Sceaux und wurde kurz vor Schulabschluß zum Militärdienst einberufen. Der Waffenstillstand bewahrte ihn vor dem Schlachtfeld. Er beendete nun seine Gymnasialbildung und bereitete sich anschließend für den Besuch der Hochschule für Physik und Chemie in Paris, der École de physique, vor und erwarb die ihm fehlenden naturwissenschaftlichen Kenntnisse am *Lavoisier*-Institut. Seine Studienkameraden waren Arbeiter, Angestellte und Handwerker, die ein praxisverbundenes Studium suchten und betrieben. Dort lernte er, daß Geist und Hand zusammenwirken müssen, um schöpferisch tätig zu sein.

Noch besser lehrte ihn das *Paul Langevin* an der Hochschule für Physik und Chemie, der verstand, den dialektischen Materialismus in der Naturwissenschaft anzuwenden und dabei große Erfolge zu erzielen. *Langevin* lieferte zum Beispiel Beiträge über die Grundlagen der Relativitätstheorie, und *Einstein* nannte die berühmte Formel $E = m \cdot c^2$ die *Langevin-Einstein*-Formel. Im Jahre 1925 empfahl *Langevin Joliot*

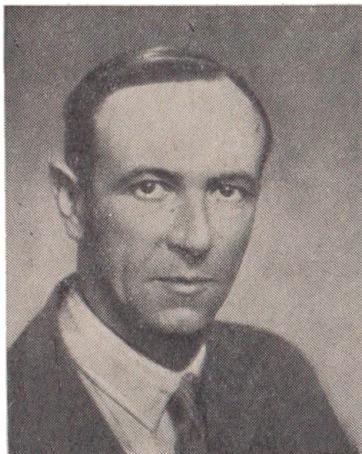


an das Radiuminstitut. Bevor er zum Radiuminstitut ging, absolvierte er als junger Ingenieur ein Praktikum in einem Stahlwerk. Bei den Arbeitern und Ingenieuren erwarb er das Wissen vom Leben.

Das Radiuminstitut wurde für ihn zur Lehrstätte gewissenhafter Arbeit und erfolgreicher Forschertätigkeit. Hier lernte er *Irene Curie* kennen und schätzen. Die gemeinsamen Interessen und die engen Beziehungen zur Familie *Curie* veranlaßten ihn und *Irene* bei der Heirat im Jahre 1926 die Familiennamen zu vereinigen.

Unter *Maria Curies* Anleitung entwickelten sich die beiden jungen Wissenschaftler zu hervorragenden Gelehrten. In den Jahren 1927 bis 1932 arbeiteten sie über die Gewinnung einer größeren Menge Polonium, sie untersuchten die Eigenschaften der „*Bothe- und Becker-Strahlung*“ und leisteten entscheidende Vorarbeiten für die Entdeckung des Neutrons im Jahre 1932 durch *Chadwick*. Sie werteten Photographien aus, die erstmalig die Umwandlung der γ -Strahlen in positive und negative Elektronen zeigten. Ihr Bericht 1933 auf dem *Solvay-Kongreß* in Brüssel brachte eine lebhafte Diskussion hervor, besonders *Niels Bohr* und *Pauli* zeigten starkes Interesse für diese Arbeit. Den größten Erfolg in der wissenschaftlichen Laufbahn der beiden jungen Forscher erlebte *Maria Curie* noch mit. Im Jahre 1934 entdeckten *Irene* und *Frédéric Joliot-Curie* die künstliche Radioaktivität. Sie wiesen nach, daß beim Beschuß von Aluminium mit α -Strahlen Phosphoratome entstehen, die unter Abgabe von Positronen radioaktiv zerfallen. Dafür erhielten sie im Jahre 1935 den Nobelpreis für Chemie.

Die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität führte dazu, daß der Elementbegriff des 19. Jahrhunderts endgültig widerlegt wurde. Bereits die Erforschung der natürlichen Isotope (1913) wies nach, daß die Atome vieler chemischer Elemente in ihrer Masse nicht identisch sind und folglich die Atommasse nicht die entscheidende Grundlage für die Einordnung der Elemente in das Periodensystem sein kann. Die Merkmale des alten Elementbegriffs, die Unveränderlichkeit der stofflichen Zusammensetzung und der Atommasse sowie die absolute Unzerlegbarkeit wurden überwunden. Es setzte sich etwa schon ab 1916 der auf der Kernladung und der Stellung im Periodensystem beruhende Elementbegriff durch. Bis zur Entdeckung



James Chadwick, 1891 bis 1974,.
Schüler von Rutherford,
entdeckte das Neutron 1932,
Nobelpreis für Physik 1935

der künstlichen Radioaktivität besaß dieser auf *Paneth* zurückgehende Elementbegriff noch keine Allgemeingültigkeit. Erst als es gelang, radioaktive Isotope aus Elementen mit ganzzahligen Atommassen künstlich herzustellen, setzte sich der neue Elementbegriff durch.

Irene und Frédéric Joliot-Curie setzten in ihren Forschungen die Tradition fort, bei ihren Versuchen die Chemie aktiv in die Kernphysik einzubeziehen. Sie taten es auch *P. Langevin* gleich und führten ihre Arbeiten auf der philosophischen Grundlage des dialektischen Materialismus durch. Ein Beispiel soll das andeuten. Nachdem sie den ersten chemischen Nachweis der künstlichen radioaktiven Umwandlung erbracht hatten, machten sie noch im gleichen Jahre darauf aufmerksam, daß mit allen Elementarteilchen, die Umwandlung hervorrufen, zweifellos künstlich radioaktive Elemente hergestellt werden könnten.

In diesem Zusammenhang sprachen sie oft von äußerer und innerer Materialisation. Um allen idealistischen Spekulationen von vornherein vorzubeugen, erklärten sie: „Wir verstehen unter Materialisation die Umwandlung der Quantenenergie des Photons in die Ruhemasse der zwei Elektronen, eines negativen und eines positiven, und in kinetische Energie, die auf jedes von ihnen übertragen wird. Die Energie und der Impuls bleiben bei dieser Erscheinung erhalten“ [99; S. 65]. Mit dieser eindeutigen materialistischen Darstellung halfen sie, die Krise in der Physik zu überwinden. In seiner Schrift „Materialismus und Empirokritisismus“ hatte sich *W. I. Lenin* bereits 1909 mit der idealistischen Auffassung vom Verschwinden der Materie auseinandergesetzt.

Nach der Entdeckung der künstlichen Radioaktivität widmete sich *Irene Joliot-Curie* nicht mehr der experimentellen Arbeit, da sie an den Folgen übermäßiger Bestrahlung litt. Nun hatte sie etwas mehr Zeit, sich um ihre beiden Kinder, die Tochter *Hélène* und den Sohn *Pierre*, zu kümmern. Neben zahlreichen Arbeiten, die sie gemeinsam mit ihrem Mann ausführte, wirkte sie seit 1932 als Leiter des Radiuminstituts und seit 1934 auch als Professor an der Sorbonne.

In den Jahren 1933 und 1936 besuchten *Irene und Frédéric Joliot-Curie* die Sowjetunion. Dort nahmen beide an einem Kongreß für Kernphysik und an der internatio-

nalen Mendelejew-Konferenz teil. Der Wunsch *Maria Curies*, in einer fortgeschrittenen Gesellschaft arbeiten zu können, sich ohne materielle Sorgen ganz dem Dienst der Wissenschaft widmen zu können, war in der Sowjetunion bereits Wirklichkeit. Im Jahre 1944 berichtete *Frédéric Joliot-Curie* vor einem größeren Forum in Frankreich ausführlich über die Entwicklung der Wissenschaft in der UdSSR. Dabei stützte er sich auch auf seine persönlichen Eindrücke.

Die Errichtung der faschistischen Diktatur in Deutschland, die Vorbereitungen und der Ausbruch des zweiten Weltkrieges beeinflußten die wissenschaftliche Arbeit und erforderten auch von den Wissenschaftlern persönliche Entscheidungen. *Irene* und *Frédéric Joliot-Curie* kämpften aktiv gegen den Faschismus. Sie bewiesen damit, daß ihnen der dialektische Materialismus nicht nur als Methode bei der wissenschaftlichen Arbeit diente, sondern daß sie auch gesellschaftliche Konsequenzen zu ziehen vermochten. *Frédéric Joliot-Curie* arbeitete, unterstützt von seiner Frau, im Ausschuß antifaschistischer Intellektueller, rettete die Nukleine, Geräte und Forschungsergebnisse seines Instituts nach England, brachte während der faschistischen Besetzung Frankreichs *P. Langevin* vor der Gestapo in Sicherheit, gründete im Jahre 1941 die Nationale Front zur Befreiung Frankreichs, trat 1942 in die Kommunistische Partei Frankreichs ein und unterstützte aktiv die Partisanen.

Nach der Niederlage des deutschen Faschismus und dem Atombombenabwurf auf Hiroshima und Nagasaki setzten *Irene* und *Frédéric Joliot-Curie* ihre ganze Kraft ein, um die Welt vom Atommonopol der USA zu befreien und den Frieden zu erhalten. *Frédéric Joliot-Curie* wurde im Jahre 1946 Oberster Kommissar für Atomenergie in Frankreich und *Irene Joliot-Curie* half von 1945 bis 1951 beim Bau und Betrieb des Atommeilers „Zoe“. *Irene Joliot-Curie* war auch am Aufbau des Zentralinstituts für Kernphysik in Orsay beteiligt. Sie hatte in dieser Zeit die Professur für Kernphysik und Radioaktivität an der Sorbonne inne.

Im Jahre 1949 gehörte dieses Atomforscherehepaar zu den ersten, die einen Appell zur Einberufung eines Weltfriedenskongresses unterschrieben. Für ihre Aktivität im Kampf um den Frieden und das Verbot, Kernenergie für Kriegszwecke anzuwenden, erhielten sie beide den *Lenin-Friedenspreis*.

F. Joliot-Curie
und W. Pieck
auf einem Empfang
für den Weltfriedensrat
in Berlin 1952



Die französische Regierung sah die geplante Anwendung der Atomenergie für militärische und politische Zwecke durch den Mut und die Standhaftigkeit der beiden Atomwissenschaftler gefährdet und führte gegen sie diskriminierende Maßnahmen durch. *Irene Joliot-Curie* wurde im Jahre 1951 die Mitarbeit am Atommeiler „Zoe“ verboten, und *Frédéric Joliot-Curie* entzog sie im Jahre 1950 seines Amtes als Oberster Kommissar. Beide Wissenschaftler setzten trotzdem im Interesse der Menschheit ihre Forschungsarbeiten fort und blieben ihren politischen Überzeugungen treu.

Nach seiner Amtsenthebung äußerte sich *Frédéric Joliot-Curie*, wie auch bei anderen Gelegenheiten, über die gesellschaftliche Verantwortung des Wissenschaftlers in unserer Zeit: „Einige möchten gern ohne Teilnahme am politischen Kampf auskommen. Sicherlich gehört ein gewisser Mut dazu, die Wissenschaft zu verteidigen. Wenn man aber nicht für die Lebensfrage, die alle angeht, kämpft, womit soll man dann seine Anwesenheit im Laboratorium rechtfertigen? Man sagt: ‚Das ist Politik, und wir wollen uns nicht in die Politik einmischen.‘ Aber Tatsache ist, daß die ehrliche Politik eine wunderbare Sache ist, die man nur aus niedrigen Motiven diskreditieren will“ [100; S. 30].

Am 17. März 1956 erlag die 58jährige *Irene Joliot-Curie* einer akuten Leukämie. Ihr Mann übernahm trotz angegriffener Gesundheit ihre Arbeit und ließ das gemeinsam begonnene Werk nicht ruhen.

Nach der Entdeckung der Kernspaltung wies er nach, daß im Uran eine Kettenreaktion abläuft. An Stelle seiner Frau lehrte er an der Sorbonne, leitete das Radiuminstitut und betreute den Aufbau des großen Zentralinstituts für Kernphysik in Orsay.

Bis zu seinem Tode am 14. August 1958 erfüllte er zahlreiche wissenschaftliche Verpflichtungen, ließ nicht nach in seiner Tätigkeit als Präsident des Weltfriedensrates und als Mitglied des Zentralkomitees der Kommunistischen Partei Frankreichs, dem er seit Juli 1956 angehörte. Die französische Regierung mußte ihm die Ehre eines Staatsbegräbnisses erweisen. So blieb der große, schöpferische und bahnbrechende Wissenschaftler, der unerschrockene und aufopfernde Friedenskämpfer, der Huma-

nist und Kommunist, auch im Tode noch Sieger gegenüber seiner kapitalistischen Umwelt.

Der bekannte englische Professor *John Bernal* charakterisierte *Frédéric Joliot-Curie* anlässlich des 50. Geburtstages sehr treffend: „Wir stehen im Zeitalter der Wissenschaft und haben in *Frédéric Joliot-Curie* den Menschen gefunden, der den neuen Aufgaben dieser Zeit gewachsen ist, und zwar nicht nur wegen seiner geistigen und moralischen Größe, sondern vor allem deshalb, weil er ein Kind des Volkes geblieben ist.“

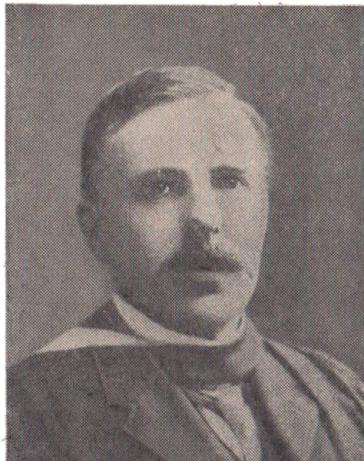
Die Zusammenarbeit des großen Forscherehepaars *Irene* und *Frédéric Joliot-Curie* bezeichnete *Bernal* als ein Lehrbeispiel für eine Gesellschaft, die zu neuen Lebensbedingungen übergeht, ein Beispiel für gemeinsames wissenschaftliches und politisches Denken und Handeln gleicher Begabungen und sehr verschiedener Temperamente, die sich gegenseitig großartig ergänzen.

Ernest Rutherford

Nachdem das Gelehrtehepaar *Maria* und *Pierre Curie* radioaktive Substanzen systematisch untersucht hatte und durch die Erkenntnisse *Thomsons* über das Elektron erste wissenschaftlich begründete Vorstellungen über den Atomaufbau vorlagen, führten die Arbeiten *Ernest Rutherford*s zu neuen Einsichten in den Bau der Atome. *Rutherford* erklärte das Wesen der Radioaktivität (1903), entwickelte ein neues Atommodell (1911) und wandelte als erster chemische Elemente künstlich um (1919). Seine wissenschaftlichen Leistungen wurden im Jahre 1908 mit dem Nobelpreis für Chemie geehrt.

Ernest Rutherford wurde am 30. August 1871 auf Neuseeland nahe der Stadt Nelson als Kind schottischer Auswanderer geboren. Der Vater hatte dort ein Holzunternehmen gegründet. *Rutherford* erwarb unter Anleitung seines Vaters handwerkliche Fertigkeiten, die ihm später beim Bau wissenschaftlicher Apparate zugute kamen.

Rutherford war ein ausgesprochener Musterschüler, der die Preisaufgaben der Schule stets als Bester löste. Er besuchte zunächst die Universität in Nelson, kehrte dann



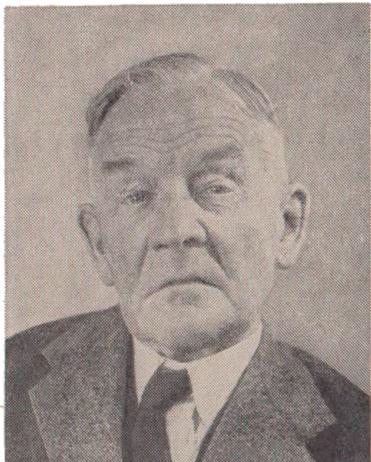
im Jahre 1895 in die Heimat seiner Großeltern zurück und beendete das Studium an der Universität in Cambridge. Dort war der hervorragende Physiker *J. J. Thomson* sein Lehrer, bei dem er seine Arbeiten über die Radioaktivität und die Röntgenstrahlen aufnahm. *Rutherford* übernahm anschließend im Jahre 1898 die *Macdonald*-Forschungsprofessur in Montreal (Kanada). Er konnte sich dort vorzugsweise der wissenschaftlichen Forschung widmen und klärte in gemeinsamer Arbeit mit *F. Soddy* das Wesen der Radioaktivität.

Rutherford besaß die Fähigkeit, die entscheidenden Probleme seiner Forschungen zu finden, um so bisher noch unbekannte Zusammenhänge im Naturgeschehen als Forschungsgegenstand zu erhalten. Seine Schüler bewunderten *Rutherford*s schöpferische Denkfähigkeit und berichteten, daß er sehr gerne bei jeder neuen Arbeit gesagt hatte: „Ich meine, das ist ein großer Gegenstand, da stecken noch so viele Dinge drin, die wir nicht kennen“ [101; S. 134].

Obwohl *Rutherford* bei seinen schwierigen Untersuchungen oftmals eine deprimierte Stimmung überkam, weil er trotz aller Bemühungen nicht genügend Mittel für den Bau von Versuchsapparaten erhielt, gab er die Forschungsprofessur in Montreal jahrelang nicht auf. Viele seiner Apparaturen baute *Rutherford* selbst. Zur damaligen Zeit hielten sich die herrschenden Vertreter der kapitalistischen Gesellschaft gegenüber der Grundlagenforschung noch finanziell sehr zurück und unterstützten die Universitäten nur, insoweit sie sich aus der Forschung unmittelbaren praktischen Nutzen versprachen.

Im Jahre 1907 folgte *Rutherford* einem Ruf an die Universität Manchester und kehrte nach England zurück. Zu dieser Zeit war er bereits ein Gelehrter von Weltruf. 1919 wurde er der Nachfolger seines ehemaligen Lehrers *J. J. Thomson* an dem berühmten *Cavendish*-Institut in Cambridge. Hier in England begann *Rutherford* die Ergebnisse seiner Arbeiten zusammenzufassen und seine Erkenntnisse über den Aufbau der Atome zu verallgemeinern. Das Ergebnis war das nach ihm benannte Atommodell, „nachdem man sich das Atom so aufgebaut denken müsse, daß die ganze Masse und die positive Ladung im Innern des Atoms, im sogenannten Atomkern, zusammengedrängt sei“. 1919 gelang ihm die erste künstliche Kernreaktion.

Frederic Soddy, 1877 bis 1956,
beobachtete von 1903 gemeinsam mit Rutherford
die Umwandlung von Radium-Emanation in Helium,
Nobelpreis für Chemie 1921



Über seine Arbeiten hielt er in mehreren Ländern Vorträge, die großen Anklang fanden. Der Ausbruch des ersten Weltkrieges unterbrach vorerst jedoch seine bisherigen Forschungen. Die englische Regierung ernannte ihn zum Mitglied des „Admiralstabs für Erfindung und Forschung“, der neue Kampfmittel gegen U-Boote suchte. In *Rutherford*s Labor beschäftigte man sich mit der Ausbreitung des Schalls unter Wasser, um Unterlagen für die „Ortung“ von U-Booten zu erforschen.

Später wurde der weltberühmte Naturforscher noch stärker in das politische Leben Englands einbezogen. Er wurde geadelt und war als „*Baron von Nelson*“ Mitglied des englischen Oberhauses; außerdem wirkte er als Ratsvorsitzender des Staatsdepartements für wissenschaftliche und industrielle Forschung. In diesen Verpflichtungen *Rutherford*s zeigte sich, daß die kapitalistischen Kreise Englands bestrebt waren, den Grundlagenforschungen mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden. Sie begannen zu erkennen, daß unter ihrem Einfluß die Grundlagenforschung der Steigerung des Profits dient, da der Forschungsstand von heute die Produktion der materiellen Güter von morgen bestimmt. *Rutherford* bemühte sich, zur Ehre seines Vaterlandes alle ihm übertragenen Aufgaben gewissenhaft zu bearbeiten. Wenn er in den maßgebenden Gremien das Wort ergriff, um für die Wissenschaft und Forschung die immer notwendiger gewordene staatliche Unterstützung zu fordern, hatte er stets die besten Erfolge. Immer der strengste Zensor gegen sich selbst, feilte er unermüdlich an seinen Aufsätzen und Reden, ehe er sie für eine Veröffentlichung würdig befand. 150 Originalarbeiten zeugen von seinen hervorragenden Leistungen. *Rutherford* starb am 20. Oktober 1937. In Anerkennung seiner Verdienste um die Entwicklung der Wissenschaft wurde er in der Westminsterabtei beigesetzt.

*Rutherford*s Forschungsergebnisse führten zu bedeutenden wissenschaftlichen und weltanschaulichen Konsequenzen. Als er gemeinsam mit *Soddy* die radioaktive Strahlung untersuchte, fand er, daß das Element Radium materielle Teilchen abgibt, die α -Strahlung, die er als Heliumkerne identifizierte. Als weiteres radioaktives Zerfallsprodukt des Radiums entdeckte er das Radon. Bald wurde erkannt, daß radioaktive Atome auch noch γ -Strahlen abgeben. *Rutherford* und *Soddy* fanden auch die radioaktiven Zerfallsreihen des Urans, Thoriums und Aktiniums.

Rutherford war im Gegensatz zu einigen anderen Wissenschaftlern von der Existenz der Atome überzeugt und erklärte die Radioaktivität der Elemente als freiwilligen Zerfall von Atomen. Zugleich erweiterte er den bisherigen Atombegriff, nach dem die Atome unveränderliche Bausteine der Materie waren. Der auf *Dalton* zurückgehende Atombegriff war eine wesentliche theoretische Grundlage des Periodensystems der Elemente, wie es *Mendelejew* und *L. Meyer* gefunden hatten. Bei vielen Chemikern erzeugte die Erklärung des Wesens der Radioaktivität zunächst Vorbehalte, zum Teil Ablehnung. *Mendelejew*, der die Theorie der Radioaktivität noch kennengelernt, studierte 1902 im Laboratorium von *Maria* und *Pierre Curie* radioaktive Erscheinungen, rang sich aber nicht dazu durch, den auch von ihm vertretenen mechanischen Atombegriff abzulehnen. Er schrieb zu Beginn des 20. Jahrhunderts: „Ich bin ganz und gar nicht geneigt (auf Grund der strengen, aber fruchtbaren Disziplin der induktiven Kenntnisse), selbst eine hypothetische Umwandlungsfähigkeit der Elemente anzuerkennen, und ich sehe keine Möglichkeit für die Entstehung von Argon oder radioaktiven Stoffen aus Uran und umgekehrt“ [102; S. 299]. Er versuchte die Radioaktivität durch die Annahme eines chemischen Äthers zu erklären. In den Folgerungen aus dem Wesen der Radioaktivität für den Atombegriff sah man zunächst das Gesetz der Periodizität gefährdet, als aber später der Atombau genauer erforscht wurde, bestätigte der neue Atombegriff dieses Gesetz und gab ihm eine durch tiefere wissenschaftliche Einsichten fundierte Grundlage. Durch die Erforschung der Radioaktivität wurden die Atomtheorie wissenschaftlich gesichert und die Existenz der Atome experimentell bewiesen. *Rutherford* und *Soddy*s Entdeckung trug auch dazu bei, bisher ungenügende Vorstellungen von der Struktur der Materie zu beseitigen. Die gefundene Veränderlichkeit der Atome ist dafür ein Beispiel. Die Erkenntnisse über das Wesen der Radioaktivität war auch ein naturwissenschaftlicher Beitrag für die Ausarbeitung des *Leninschen* Materiebegriffs im Kampf gegen die idealistischen Auffassungen über das Verschwinden der Materie, die sich eben auch auf die Forschungsergebnisse *Rutherford*s stützen wollten. *Lenin* wies in dem Werk „Materialismus und Empirokritizismus“ nach, daß durch die physikalischen Entdeckungen nicht die Materie,

Joseph John Thomson, 1856 bis 1940,
Professor für Physik in Cambridge,
entdeckte das Elektron,
Nobelpreis für Physik 1906

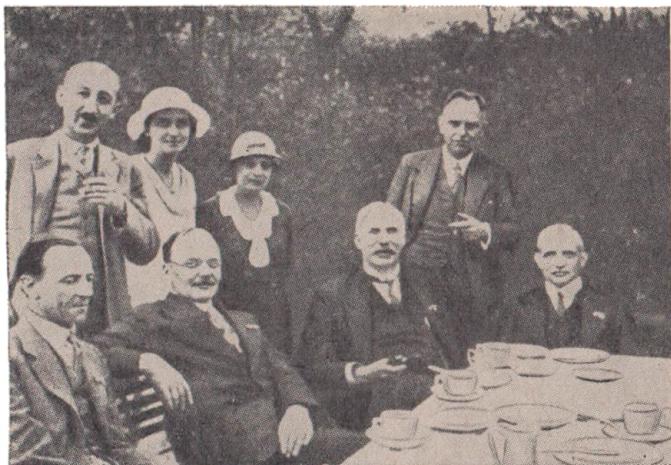


sondern der durch die neuen Erkenntnisse überholte naturwissenschaftliche Materiebegriff verschwindet und erfaßte mit seinem philosophischen Materiebegriff zugleich die radioaktiven Erscheinungen.

Die Entdeckung des Wesens der Radioaktivität führte *Rutherford* zu den Arbeiten über den Atombau. Gemeinsam mit *Geiger* und *Marsden* beobachtete er, daß einige der vielen α -Teilchen, mit denen sie eine dünne Aluminiumfolie beschossen, abgelenkt wurden. Daraus leitete *Rutherford* die Existenz einer außerordentlich kleinen, positiv geladenen Masse im Atomzentrum ab, die er Atomkern nannte. Er hatte damit den Partner des Elektrons im Atom entdeckt und einen Widerspruch zum Atommodell *Thomsons* gefunden. Nach den Vorstellungen *Thomsons* erfüllt die positive Ladung gleichmäßig das Atomvolumen, und die negative Ladung, repräsentiert durch Elektronen, ist in die positive eingesteuert. *Rutherford*s Atommodell brachte nun den experimentell gesicherten Sachverhalt zum Ausdruck, in dem *Rutherford* darlegte, daß die positive Ladung im Zentrum des Atoms, im Atomkern, lokalisiert ist und die Elektronen die Atomhülle bilden. Da das so aufgebaute Atom infolge elektrostatischer Anziehungskräfte nicht stabil sein konnte, nahm *Rutherford* an, daß sich die Elektronen mit großer Geschwindigkeit um den Atomkern bewegen müßten und verglich sein Atommodell mit einem winzigen Sonnensystem. *Rutherford* konnte aber den Widerspruch in seiner Atomvorstellung noch nicht erklären, der sich zur klassischen Elektrodynamik ergab. Danach mußten die um den Atomkern kreisenden Elektronen ständig Energie ausstrahlen und schließlich in den Atomkern fallen. Die Praxis zeigte aber, daß die Atome äußerst stabile Gebilde sind. *Rutherford*s Atommodell war aber dennoch die Grundlage für eine Erweiterung, die einer seiner begabten Schüler – *Niels Bohr* – vornahm. *Bohrs* Arbeiten trugen dazu bei, die *Rutherford*sche Atomvorstellung mit dem Gesetz der Periodizität zu verbinden.

Das Interesse der Forscher richtete sich nun auch auf den Atomkern. *Moseley* entdeckte im Jahre 1912 den Zusammenhang zwischen dem Anwachsen der Ordnungszahl der Elemente im Periodensystem und der zunehmenden Größe der Kernladung. Damit gab er dem Gesetz der Periodizität eine verbesserte Grundlage.

Bunsentagung 1932
in Münster,
neben Chadwick und
Rutherford Otto Hahn
und Lise Meitner



Auch das *Rutherford*sche Atommodell wirkte auf die auf *Dalton* zurückgehende Auffassung des Atoms verändernd. Es widerlegte die Vorstellung von der Strukturlosigkeit der Atome und wies nach, daß die Atome nicht die kleinsten unteilbaren Bausteine der Materie sind. Idealisten zogen aus der neuen Atomvorstellung den falschen Schluß, daß sich das Atom „entmaterialisierte“. Sie trennten dabei Materie und Bewegung. Diese unwissenschaftliche Schlußfolgerung bekämpfte *Lenin*, der die Ergebnisse der Atomforschung aufmerksam verfolgte, ebenfalls. Die Atomforschung diente ihm als eine naturwissenschaftliche Grundlage für die These von der Unendlichkeit und Unerschöpflichkeit der Materie. Er schrieb: „Das Elektron ist ebenso unerschöpflich wie das Atom, die Natur ist unendlich, aber sie existiert unendlich, und eben diese einzige kategorische, einzige bedingungslose Anerkennung ihrer Existenz außerhalb des Bewußtseins und außerhalb der Empfindung des Menschen unterscheidet den dialektischen Materialismus vom relativistischen Agnostizismus und vom Idealismus“ [103; S. 262]. Diese *Lenins*che These wies die Atomphysiker darauf hin, daß es auch für die Erkenntnis der Atomstruktur keine Grenzen gibt. Sie wurde zu einer philosophischen Grundlage für die weitere Atomforschung. Im Jahre 1919 gelang *Rutherford* die erste künstliche Atomumwandlung. Er beschoß Stickstoffatome mit α -Teilchen und entdeckte, daß dabei Sauerstoffatome entstehen. Diese neue Erkenntnis bewies ebenfalls, daß die Atome veränderlich sind. Bei dieser Atomumwandlung wurde aus dem Stickstoffatomkern ein einfach positiv geladenes Teilchen ausgeschieden, das Proton. *Rutherford*s Entdeckung führte dazu, daß sich die Aufmerksamkeit der Atomphysiker auf den Atomkern noch verstärkte. *Chadwick*, *Heisenberg*, *Iwanenko* und viele andere Forscher untersuchten die Struktur des Atomkerns, und noch heute werden weitere Entdeckungen gemacht. *Rutherford*s künstliche Atomumwandlung erschloß auch den Weg zur Atomenergie. Ihn beschritten sein Schüler *Otto Hahn* und die vielen Atomphysiker der Gegenwart.

Niels Bohr

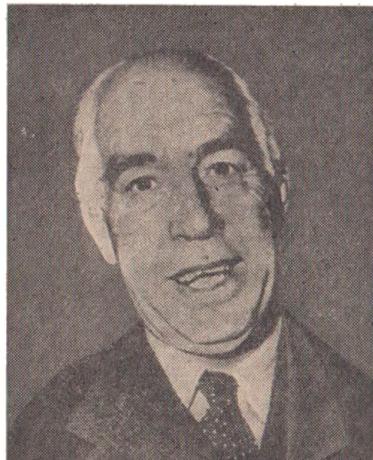
Die von *Rutherford* begonnenen Arbeiten über den Atombau, die in seinem Atommodell gipfelten, wurden von seinem Schüler *Niels Bohr* fortgesetzt. Indem er die Quantentheorie auf das *Rutherford*-sche Atommodell anwandte, erhielt *Bohr* tiefere Vorstellungen über den Bau der Elektronenhülle. *Bohr* entwickelte daraufhin eine Modellvorstellung des Atomaufbaus, das *Rutherford-Bohrsche* Atommodell. Es spiegelt sich im Aufbau des Periodensystems der Elemente wider und wurde zur Grundlage der klassischen chemischen Bindungslehre.

Niels Bohr wurde am 7. Oktober 1885 in Kopenhagen geboren. Sein Vater war ein bekannter dänischer Physiologe, dessen zahlreiche physikalische Experimente schon frühzeitig *Bohr* für die Physik interessierten. In den Jahren 1903 bis 1908 studierte er an der Universität Kopenhagen. Da die Lehrer seine außerordentliche Begabung erkannten, war er bald als Hilfsassistent tätig. Im Jahre 1911 promovierte er über die Elektronentheorie der Metalle. Danach arbeitete er an der Universität Cambridge und dann bei *Rutherford* in Manchester.

Im Jahre 1920 wurde ihm die Leitung des von ihm selbst gegründeten Instituts für theoretische Physik in Kopenhagen übertragen. Dieses Institut wurde bald zur Ausbildungsstätte für junge begabte Menschen aus zahlreichen Ländern. *Bohr* besuchte auf seinen Vortragsreisen ins Ausland mehrmals Moskau und Leningrad.

Er erhielt viele akademische Ehrungen, unter denen besonders die Verleihung des Nobelpreises 1922 zu nennen ist. 1929 wurde er Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Die Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin ernannte am 6. Juli 1961 *Niels Bohr* zum korrespondierenden Mitglied und verlieh ihm die *Helmholtz*-Medaille. In der Begründung zu der Auszeichnung heißt es unter anderem: „Er hat als erster in ganzer Tiefe das Neue erkannt, das uns in den Quantenerscheinungen in der Natur entgegentritt. Seit 1922 hat er zu den wesentlichsten Fragen der Quantentheorie der Atome, Moleküle und Kerne fundamentale Arbeiten beigesteuert, ohne die der bewunderungswürdige Aufbau der modernen Quantenphysik nicht möglich gewesen wäre“ [104].

Bohrs hervorragender Beitrag zur theoretischen Erklärung chemischer Zusammenhänge besteht in der Entwicklung seines Atommodells. *Bohr* erkannte, daß zwischen



dem Inhalt der *Rutherford*schen Atomvorstellung einerseits und der klassischen Elektrodynamik und bestimmten experimentellen Erfahrungen andererseits Widersprüche bestehen. Am Beispiel des Wasserstoffatoms stellte er fest, daß das den Kern umlaufende Elektron kein kontinuierliches Spektrum ausstrahlt und folglich nicht den Gesetzen der klassischen Elektrodynamik gehorcht. Nach dieser hätte es wegen der beschleunigten Bewegung ständig elektromagnetische Energie aussenden und schließlich in den Atomkern fallen müssen. *Bohr* bewertet jedoch die experimentelle Erfahrung höher als die klassischen Leitsätze, die ihm keine Erklärung geben konnten. Er führte Postulate ein, in denen er die *Plancksche* Quantentheorie berücksichtigte. Dadurch gelang es ihm, genauere Einsichten als *Rutherford* von dem Bau der Atomhülle zu erhalten. *Bohrs* Postulate besagen, daß das Elektron des Wasserstoffatoms nicht in beliebigen Bahnen um den Kern kreisen kann und es sich im sogenannten ruhenden Atom auf einer Bahn bewegt, ohne Energie auszustrahlen. Das diskontinuierliche Spektrum des Wasserstoffs erklärte er damit, daß das Elektron ein Photon aufnehmen und dadurch auf eine höhere Bahn gehoben werden kann. Bei Energieabgabe nimmt es nach *Bohrs* Vorstellungen wieder eine niedrigere Bahn ein. Diese Theorie erklärte auch die Abgabe der Elektronen bei der Bildung positiver Ionen. *Bohr* gelang es als erstem, die Spektralserien des Wasserstoffs auf den Elementarkonstanten e , h und m zu berechnen und damit ihre experimentell schon vorher bekannten Gesetzmäßigkeiten zu deuten. Die Erkenntnisse, die er über den Bau der Atomhülle des Wasserstoffatoms erhalten hatte, wandte er im Prinzip auf die Atome anderer Elemente an. Im Zusammenhang mit dem Periodensystem erklärte er deren Elektronenstruktur und formulierte seinen Atombegriff in Gestalt des *Rutherford-Bohrschen* Atommodells. Er verband damit das Gesetz der Periodizität mit den Änderungen am Bau der Atomhüllen der Elemente. Der Erfolg des *Bohrschen* Atommodells für die Chemie zeigte sich bald bei der Entdeckung des Hafniums. *Bohr* wies darauf hin, daß das noch unbekannte Element 72, das im Periodensystem so nahe bei den Lanthaniden stand, nicht bei diesen, sondern beim Zirkonium zu suchen wäre. Er begründete seine Voraussage durch folgende theoretische Überlegung: Wenn man von einem Element des Periodensystems zum

Louis de Broglie, geb. 1892,
Mitbegründer der Wellenmechanik,
stellte 1924 die Hypothese von einem prinzipiellen
Dualismus von Welle und Teilchen auf,
Nobelpreis für Physik 1929



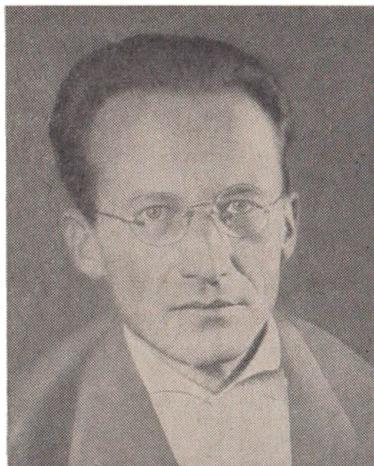
rechten Nachbarelement übergeht, so nimmt die Elektronenzahl im Atom um 1 zu. Die einzelnen Elektronen werden aber in bestimmten Schalen geordnet, die man als die K-, L-, M-, N-, . . . Schalen bezeichnet. Die Formel für die Höchstzahl der Elektronen, die von den einzelnen Schalen aufgenommen werden können, lautet: $2 n^2$ ($n = 1, 2, 3, \dots$). Damit konnte *Bohr* feststellen, daß mit der Ordnungszahl 71 die Lanthaniden aufhören und das Element 72 in eine andere Gruppe einzuordnen ist, so daß es im Periodensystem seinen Platz unter dem Zirkonium fand. In seinem Nobelpreisvortrag im Jahre 1922 konnte *Bohr* schließlich mitteilen, daß zwei seiner Mitarbeiter das Element 72 in Zirkoniummineralien nachgewiesen hatten. Dadurch war die Voraussage eindrucksvoll bestätigt.

In den Jahren 1915 und 1916 wurde die *Rutherford-Bohrsche* Atomvorstellung auf die chemische Bindung angewendet. *Kossel* erklärte mit dieser Atomvorstellung die heteropolare und *Lewis* die homöopolare Bindung, wobei sie annahmen, daß die Atome das „Bestreben“ hätten, ihrer Elektronenhülle Edelgaskonfiguration zu verleihen.

Mit Hilfe des *Rutherford-Bohrschen* Atommodells wurde es den Chemikern nun möglich, zahlreiche Eigenschaften der Elemente theoretisch zu deuten oder aus dem Atombau abzuleiten, zum Beispiel die Valenz, den Metallcharakter, den Nichtmetallcharakter, die Ionenbildung und den molekularen Aufbau der Gase. Das *Rutherford-Bohrsche* Atommodell setzte sich daher in der Chemie rasch durch. Dabei und durch weitere Forschungen wurden aber auch seine Schwächen erkannt.

Im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts legte *Sommerfeld* die Haupt- und Nebenquantenzahlen dar und erklärte, daß sich die Elektronen auch auf Ellipsenbahnen um den Atomkern bewegen. Im *Bohrschen* und im *Sommerfeldschen* Atommodell wurde das Elektron als materielles Teilchen ohne Struktur aufgefaßt. Im Jahre 1924 begründete *de Broglie* die wellenmechanische Auffassung des Elektrons, die von *Schrödinger* weiterentwickelt wurde. Sie erklärt die chemische Bindung von verschiedenen Stoffen, so die Doppelbindung in organischen Verbindungen, besser als das *Rutherford-Bohrsche* Atommodell.

Im *Bohrschen* Atommodell blieben die Postulate ungeklärt, während das wellen-



Erwin Schrödinger, 1887 bis 1961,
Mitbegründer der Wellenmechanik,
die in der „Schrödinger-Gleichung“
ihren mathematischen Ausdruck findet,
Nobelpreis für Physik 1933

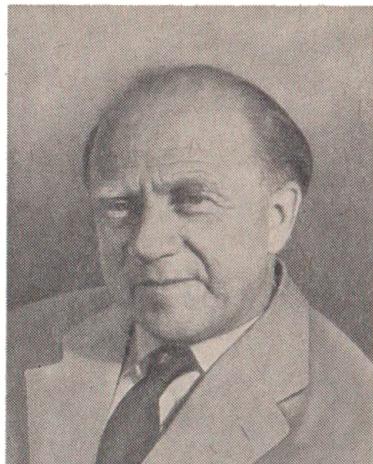
mechanische Modell von *de Broglie* sie erklären konnte. Bei der Bearbeitung des Problems bereitete die zwar experimentell gesicherte, aber theoretisch noch nicht erfaßbare „Doppelnatur des Lichtes“ Schwierigkeiten. Sie resultierte aus der Tatsache, daß die atomaren Erscheinungen sich einmal wie Korpuskeln, das andere Mal aber wie Wellen verhielten.

Neben *de Broglie* und *Schrödinger* gingen *W. Heisenberg*, *M. Born* und auch *Dirac* daran, die Quantenmechanik aufzubauen. Ausgehend vom Elektron, also vom Korpuskelstandpunkt im Gegensatz zur Wellenauffassung kam *Heisenberg* unter Heranziehung besonderer mathematischer Methoden zu einer Erweiterung und Präzisierung der Atomtheorie.

An der Lösung des Wellen-Korpuskel-Problems arbeiteten unter *Bohrs* Leitung in Kopenhagen zahlreiche Physiker. Die von ihnen gefundene Deutung wurde die „Kopenhagener Interpretation“ genannt. Sie konnte auf dem bald darauf stattfindenden *Solvay*-Kongreß der Kritik erfolgreich widerstehen.

Der wissenschaftliche Meinungsstreit auf dieser Tagung ging jedoch über den physikalischen Inhalt der Quantenmechanik hinaus. Die Quantenmechanik erwies sich als eine in sich geschlossene und widerspruchsfreie Theorie, die auf die Elektronenhülle des Atoms erfolgreich angewandt werden kann und deshalb gerade für die chemische Forschung unentbehrlich geworden ist. Der Meinungsstreit wurde vielmehr um die richtige erkenntnistheoretische Deutung geführt; denn nach *Bohrs* Worten „hatte die neue Quantentheorie den Physikern eine ungewöhnliche Lektion in Erkenntnistheorie erteilt“. Den Höhepunkt fand die Tagung in dem Streitgespräch zwischen *Einstein* und *Bohr* [105; S. 500]. Will man das Wesentliche der Ansichten *Bohrs* in wenigen Zügen charakterisieren, so muß man auf den dialektischen Inhalt seiner Gedankengänge hinweisen, der in all seinen Auffassungen zu finden ist. Die Grundlage seiner Deutung der quantenmechanischen Erscheinungen ist die „Komplementaritätsidee“. Mit dem Wort „komplementär“ wird die einheitliche Erfassung von Gegensätzen zum Ausdruck gebracht. So ist nach *Bohr* eine vollständige Beschreibung der Bewegungsvorgänge im mikrophysikalischen Bereich nur mit beiden Bildern – dem Wellen- und Korpuskelbild – möglich. Im Dualismus von Welle und

Werner Heisenberg, 1901 bis 1976,
begründete 1925 die Quantenmechanik,
stellte 1928 die Unschärferelation auf,
Nobelpreis für Physik 1932



Korpuskel kommt die dialektische Einheit der Gegensätze zum Ausdruck. Indem *Bohr* den Gegensatz von Wellen- und Korpuskelbild als Hinweis auf die Existenz eines objektiven Widerspruchs auffaßte und statt dem entweder – oder das sowohl – als auch setzte, gelang es ihm, tiefere Zusammenhänge der Natur zu erfassen.

Während der Zeit des Faschismus in Deutschland mußten viele berühmte Gelehrte und junge Forscher ihre Heimat verlassen. *Niels Bohr* war einer von denjenigen, die sich schon sehrzeitig und am nachhaltigsten um das Fortkommen der Emigranten bemühten. Am Morgen des 29. September 1943 erhielt er aber selbst insgeheim die Nachricht, daß ihn die Faschisten verhaften und nach Deutschland verschleppen wollten. Da er mit der antifaschistischen Widerstandsbewegung in Verbindung stand, konnte er sich mit seiner Frau in letzter Minute vor der Gestapo retten. Heimlich in der Nacht verließ er in einem Fischerboot seine Heimat.

Die Entwicklung der Gesellschaft und der Wissenschaft stellte die Wissenschaftler schon in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts, besonders aber in der jüngsten Zeit, vor grundlegende gesellschaftliche Entscheidungen. Als der Kapitalismus sein höchstes Studium erreicht hatte und als mit der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution die allgemeine Krise des kapitalistischen Weltsystems begann, trat der militärtechnische Nutzen moderner naturwissenschaftlicher Erkenntnisse stärker in den Vordergrund. In den kapitalistischen Ländern wurde für aggressive Zwecke ein in der Geschichte bisher unübertroffenes Militärpotential geschaffen, das der Massenvernichtung von Menschen dienen sollte. Daher war die gesellschaftliche Verantwortung, die *Bohr* als Wissenschaftler zu tragen hatte, besonders groß. Er bereicherte einerseits die Physik um großartige Entdeckungen und sah andererseits, wie diese für den friedlichen Fortschritt gedachten Erkenntnisse für Massenvernichtungsmittel ausgenutzt wurden. Es spricht für die Große *Bohrs*, daß er einer derjenigen Wissenschaftler war, die frühzeitig zum Kampf gegen den Mißbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse aufriefen. Im Juli 1944 verfaßte er ein Memorandum gegen die Anwendung der Atomforschung zur Menschenvernichtung, das er an den USA-Präsidenten *Roosevelt* sandte. *Bohr* forderte, daß die Atomforschung zu einer dauerhaften und segensreichen Einrichtung für die gesamte Menschheit ausgenutzt werden sollte.



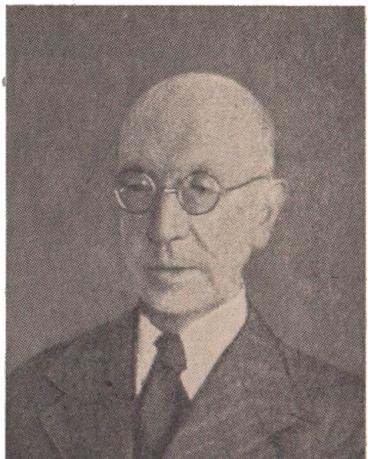
Paul Adrien Maurice Dirac, geb. 1902,
entwickelte eine Theorie der Atomphysik,
die 1932
durch die Entdeckung des Positrons bestätigt wurde,
Nobelpreis für Physik 1933

Er wollte den Abschluß eines internationalen Abkommens erreichen, das die Herstellung und Verwendung von Atombomben verbieten sollte. Aber die Kräfte *Bohrs* und weiterer Physiker reichten nicht aus, um die unmenschliche Tat – den Abwurf der Atombomben auf zwei japanische Städte – zu verhindern. Für die heutige wissenschaftliche Generation ist das Verhalten *Bohrs* Vorbild und Ansporn zugleich, um mit den Friedenskräften in allen Ländern, besonders in den sozialistischen, die menschliche Vernunft gegen imperialistische Kriegsabenteuer durchzusetzen.

Walter Kossel · Gilbert Newton Lewis

Die neuen Erkenntnisse in den Naturwissenschaften, die im Verlauf von etwa einem halben Jahrhundert große Umwälzungen veranlaßten, haben nicht nur die Schranken der klassischen Naturforscher gezeigt, sondern auch zu neuen philosophischen Schlußfolgerungen geführt und den Nachweis erbracht, „daß die Natur die Probe auf die Dialektik“ ist. Wie in dieser Zeit die neuen Entdeckungen nur durch Erfassen des rationalen Kernes der klassischen deutschen Philosophie und dessen Weiterentwicklung richtig eingeschätzt und genutzt werden konnten, so war die Entwicklung der modernen Naturwissenschaften im wesentlichen auch gekennzeichnet dadurch, daß auf Grund der Erweiterung des Wissens eine neue Deutung früherer Entdeckungen möglich war.

Hatte die elektrochemische Theorie von *Berzelius* und die daraus resultierende dualistische Auffassung in der Chemie versagt, als man sie auf organische Verbindungen ausdehnen wollte, so war dann 100 Jahre später in dem *Rutherford-Bohrschen* Atommodell der Grundgedanke, daß elektrische Ladungen die Bausteine der Atome bilden, fester Bestandteil chemischen Gedankengutes. Es war das eingetroffen, was *Kekulé* 1877 voraussagte: „Die von dem großen *Berzelius* in so geistreicher Weise entwickelte elektrochemische Theorie . . . hat sich als unzulänglich erwiesen. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird sie in einer demnächstigen Entwicklungsperiode der Wissenschaft wieder aufgegriffen werden, um dann, in verjüngter Form, auch Früchte zu bringen“ [1; S. 77].



Erste Überlegungen, elektrische Kräfte in chemischen Elementen und Verbindungen anzunehmen, wurden 1818 von *Berzelius* in seiner elektrochemischen Theorie geäußert. Man kam jedoch von diesen Auffassungen ab, nachdem die Radikal- und Typentheorie der organischen Chemie keine Ansatzmöglichkeiten bot. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, als man von den Radikalalen auf die eigentlichen Bausteine der Materie, die Atome, zurückkam, wurden diese Gedanken wieder aufgegriffen. Die Entdeckung der Physiker, daß die Elektrizität atomistischer Natur ist – eine Folge der eingehenderen Untersuchung der elektrischen Entladung und der Entwicklung der elektrischen Beleuchtung –, machten die Gedanken von *Berzelius* wieder aktuell. Auch Beschäftigung mit dem Problem des Vakuums brachten neue Erkenntnisse, die sich im Rahmen der klassischen Physik nicht erklären ließen. Als *Crookes* 1876 am negativen Ende einer hohevakuuierten Entladungsröhre, der Katode, eine Leuchterscheinung feststellte, nannte er dies eine neue strahlende Form der Materie. *Stoney* nannte die Katodenstrahlen 1894 Elektronen. *Jean Perrin* wies 1895 nach, daß die Elektronen negativ geladen sind, und *J. Thomson* bestimmte 1897 ihre Geschwindigkeit. Weitere Untersuchungen *Thomsons* führten zu der Erkenntnis, daß die Elektronen den Stoff der Elektrizität bilden, daß sie aus individuellen Teilchen bestehen, also atomarer Natur sind. Letztere Erkenntnis war ein entscheidender Schritt auf dem Wege zur Entdeckung der inneren Struktur der Atome.

In diesem Zeitraum setzte sich auch die atomistische Auffassung in der Chemie endgültig durch. Die Dissoziationstheorie von *Arrhenius* und die Leitfähigkeitsmessungen, die zu einer Neufassung der Begriffe Säuren, Basen und Salze führten, ließ erkennen, daß organische Verbindungen und auch die sogenannten Nichteletrolyte Ionen bilden können. Den letzten Anstoß zu einer neuen Vorstellung über den Bau chemischer Elemente und Verbindungen gaben die Arbeiten von *Becquerel*, *Marie* und *Pierre Curie* über radioaktive Substanzen.

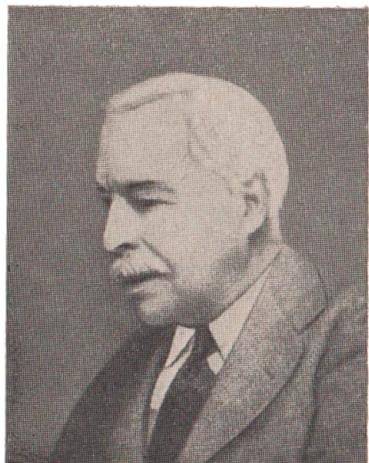
Die Erkenntnisse der Elektrizitätslehre und die Ergebnisse der Physikochemiker führten schließlich zu den Arbeiten, die in dem Atommodell von *Rutherford* und *Bohr* ihren ersten Abschluß fanden.

Die Feststellungen von *W. Nernst* und *J. Thomson*, daß die elektrostatischen Anziehungskräfte entgegengesetzt geladener Ionen eines Elektrolyten von der Dielektrizitätskonstanten des Lösungsmittels abhängig sind, und die Arbeiten *Lenards* über Katodenstrahlen ließen die Ionen als eine Art „chemischer Verbindungen“ zwischen Atom oder Radikal und Elektron erscheinen.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse und der Tatsachen, die aus dem Periodensystem der Elemente hervorgingen, kam *R. Abegg* zu Vorstellungen, nach welchen die chemische Verwandtschaft der Atome auf die Verwandtschaft der Atome zu den Elektronen zurückzuführen sei. Die Elektronenaffinität wäre polarer Natur und führe zu zwei Grenztypen, die als „hetereopolare“ und „homöopolare“ Verbindungen zu unterscheiden wären. Zu den hetereopolaren Verbindungen zählte er die Elektrolyt-Salze und zu den homöopolaren Verbindungen die organischen Stoffe. *Abegg* stellte auch ausgehend von dem Periodensystem der Elemente den Grundsatz auf: „Jedes Element besitzt sowohl eine positive wie eine negative Maximalvalenz, die sich stets zur Zahl 8 summieren“ [1; S. 80]. Er hat damit der späteren „Oktetttheorie“ gewissermaßen vorgegriffen.

Eine definierte physikalische Deutung der chemischen Kräfte hat auch in den ersten Jahren unseres Jahrhunderts viele Anregungen erhalten. Ein wichtiger Beitrag zur Entwicklung der Valenzlehre sind die Arbeiten von *J. Stark*. Auf der Grundlage neuer Ergebnisse der Quantenforschung unternahm er es, „die alte Hypothese von Berzelius von der elektrischen Natur der chemischen Valenzkräfte auszubauen“ [1; S. 81]. *Stark* nahm an der Oberfläche eines Atoms einige wenige Elektronen an, die in erster Linie die wechselseitige chemische Bindung zweier chemischer Atome bedingen. Diese mit einer besonderen chemischen Funktion bedachten Oberflächen-elektronen nannte *Stark* „Valenzelektronen“. Als „Valenzzahl“ eines chemischen Elementes bezeichnete er die Anzahl der an der Oberfläche liegenden Valenzelektronen.

Der Begriff der „Valenzelektronen“ wurde vom *Rutherford-Bohrschen* Atommodell übernommen. Dieses Atommodell hatte verschiedene Deutungen der Valenzkräfte und der wechselseitigen Bindung von chemischen Atomen zur Folge.



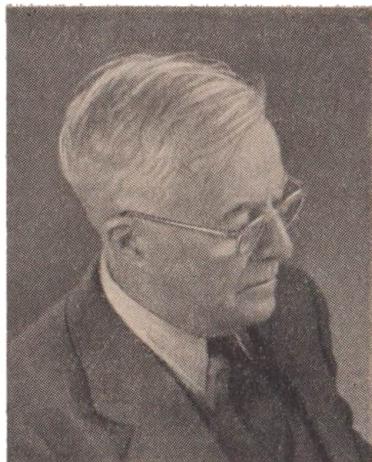
Brachten die *Starkschen* Auffassungen nicht die erwartete Resonanz, so war es durch das *Rutherford-Bohrsche* Atommodell und die Erkenntnisse der Atomphysik in dem ersten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts möglich, eine Theorie der chemischen Bindung aufzustellen. Diese Leistung ist das Werk mehrerer Physiker und Chemiker, von denen *Walter Kossel* und *Gilbert Newton Lewis* besonders hervorgehoben werden müssen, mit deren Namen diese neue Theorie eng verbunden ist.

Walter Kossel wurde am 22. Mai 1888 in Berlin als Sohn des Physiologen und Nobelpreisträgers für Medizin und Physiologie 1910, *Albrecht Kossel*, geboren. Er studierte Physik bei so hervorragenden Lehrern wie *Lenard*, *Röntgen*, *Sommerfeld* und *Laue*. 1911 promovierte er bei *Lenard*.

Die wissenschaftlichen Arbeitsgebiete seiner Lehrer bestimmten sein späteres eigenes Forschungsgebiet. So beschäftigte sich *Kossel* bis zum Jahre 1921 hauptsächlich mit Valenzkräften und Röntgenspektren. Die neugewonnene Einsicht in den Schalenbau der Atome und sein Zusammenhang mit dem Periodensystem der Elemente veranlaßte *Kossel* in den Jahren 1914 bis 1920 dazu, den Zusammenhang zwischen Röntgen- und sichtbaren Spektren zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen veröffentlichte er in dem Buch „Valenzkräfte und Röntgenspektren“.

Untersuchungen über Röntgenstrahlen und Eigenschaften der Kristalle waren weitere Arbeitsgebiete *Walter Kossels*, der zunächst an der Universität Kiel, dann an der Technischen Hochschule in Danzig und zuletzt an der Universität Tübingen als Professor für Physik tätig war. Er verstarb am 22. Mai 1956.

Seine Arbeiten über heteropolare Bindungen sind für die allgemeine Theorie der chemischen Bindung ein entscheidender Beitrag zur Deutung der Ionenbeziehung. 1928 begründete er die Theorie des Kristallwachstums, in der er ein anschauliches Bild von den verschiedenen energetischen Bindungen gab, denen ein Atom oder ein Ion begegnen muß, wenn es sich an den verschiedenen Stellen der Kristalloberfläche anzulagern versucht. Unter dem Einfluß seines Lehrers *Max v. Laue* standen seine Arbeiten über Röntgenstrahlinterferenzen. 1934 entdeckte er den „*Kossel-Effekt*“, wonach Röntgenstrahlinterferenzen auftreten, wenn die Strahlungsquelle im Kristall selbst liegt.



Irving Langmuir, 1881 bis 1957,
leistete einen Beitrag
zur Erforschung der chemischen Bindung,
Nobelpreis für Chemie 1932
für die Arbeiten zur Oberflächenchemie

Auf der Grundlage der Arbeiten von *Rutherford* und *Bohr*, von denen besonders diejenigen von *Rutherford* die Gültigkeit der Elektrostatik im Atom zeigten, folgerte *Kossel*: „So schien mir kein Zweifel daran zu bestehen, daß auch die dazwischenliegende Welt der chemischen Bindung nun noch einmal gründlich darauf zu prüfen war, ob sie denn wirklich anderes als Elektrostatik enthalte“ [106; S. 127]. Aufbauend auf den Arbeiten von *Barkla* und *Moseley* über Röntgenspektren der Elemente und Wellenlängenbetrachtungen kam *Kossel* zu der Feststellung, daß die Elektronenschalen mit einer gewissen Besetzung abgeschlossen sind und daß die Bildung abgeschlossener Schalen angestrebt wird. In diesem Zusammenhang erhielten die Edelgase eine zentrale Bedeutung. Sie erwiesen sich nach *Kossel* „als Muster, deren Nachahmung die starke chemische Aktivität der Nachbarelemente gilt“ [106; S. 128].

Die Edelgaskonfiguration eines Elementes oder einer Verbindung war nach Ansicht *Kossels* also der erstrebenswerte Zustand der Stabilität, und er schlußfolgerte daraus, daß das chemische Reaktionsvermögen der Atome durch ihr Bestreben, diese Konfiguration zu erreichen, bestimmt sei.

Während *Kossel* vorwiegend Verbindungen mit Ionenbeziehungen untersuchte, also Verbindungen, deren zugehörige Elemente ungleichartig sind (z. B. Kaliumchlorid), haben die Amerikaner *Gilbert Newton Lewis* und *Irving Langmuir* durch Untersuchungen von Verbindungen mit Atombindungen die Theorie der chemischen Bindung bereichert.

Der amerikanische Physikochemiker *Gilbert Newton Lewis* wurde am 23. Oktober 1875 in Weymouth in der Nähe Bostons geboren. Er studierte in Nebraska und an der berühmten Harvard-Universität, wo er 1899 promovierte. Nach Abschluß seines Studiums in den USA kam *Lewis* 1900 nach Deutschland, wo er in Leipzig und Göttingen, den damaligen Zentren der physikalischen Chemie, bei *Ostwald* und *Nernst* arbeitete und eine ausgezeichnete physikalische Ausbildung erhielt.

Nach der Rückkehr in seine Heimat war er zunächst an der Harvard-Universität und später als Professor an der Universität von Berkely in Kalifornien tätig. In Berkeley verstarb er am 23. März 1946.

Lewis war ein vielseitiger Forscher, der mit seinen Arbeiten sowohl die Chemie als auch die Physik bereichert hat. In Berkeley schuf er ein physikalisches Zentrum, das Weltruf erlangte.

Seine wichtigste wissenschaftliche Leistung ist die Aufdeckung des Zustandekommens der unpolaren oder schwach polaren chemischen Bindung. Wie *Kossel*, der die chemische Bindung in heteropolar gebundene Verbindungen untersuchte, ging auch *Lewis* von der Struktur der Edelgase aus. *Kossel* war es nicht gelungen, bei homöopolaren Verbindungen eine elektrostatische Deutung auf der Grundlage des *Bohrschen Atommodells* zu finden. *Lewis* stellte nun die Behauptung auf, daß zum Beispiel im Wasserstoff- oder Chlormolekül der Edelgastyp durch Spinkompensation der beiden einsamen Elektronen zu einem Bindungselektronenpaar oder Bindungsdublett zustande kommt. *Lewis* stellte für unpolare und schwach polare Verbindungen fest, daß die Neigung zur Bildung von Gruppen zu acht Elektronen besteht, den sogenannten Achterschalen. *Langmuir* nannte eine solche Gruppe ein „Oktett“ und fand eine Schreibweise, in der sämtliche Valenzelektronen als Punkte geschrieben werden.

Diese Schreibweise ließ gegenüber der *Couperschen* Strichschreibweise erkennen, ob in einer Verbindung ein Atom sämtliche Valenzelektronen betätigt hat. Was man früher bereits kannte, aber nicht darzustellen vermochte – man sprach von „nicht betätigten“ oder „latenten“ Valenzen –, war nun sichtbar gemacht. *Lewis* und *Langmuir* führten auch die Bezeichnung „einsames Elektronenpaar“ ein.

Die Schreibweise von *Lewis* und *Langmuir* ist in ihrer Einfachheit und Übersichtlichkeit ein Fortschritt gegenüber den alten Strukturformeln gewesen. Gegenüber den alten *Couperschen* Formeln waren diese Elektronenformeln beweglicher geworden, die starre Unterteilung in heteropolare und homöopolare Verbindungen schien aufgehoben beziehungsweise überbrückt zu sein. Die große Kontroverse der klassischen Chemie zwischen der *Berzeliusschen* elektrochemisch-dualistischen Theorie und der unitarischen von *Kekulé* war damit beendet. *Lewis* und *Langmuir* haben mit ihrer Theorie der weiteren theoretischen Fundierung der Chemie den Weg geebnet. Die allgemeine Frage nach der Natur der bindenden Kräfte erhielt eine

weitere Antwort. Das chemische Atom erwies sich nun als ein „Organismus“, dessen „Glieder“ nach bestimmten Gesetzen geordnet sind und mit bestimmten Kräften aufeinander wirken.

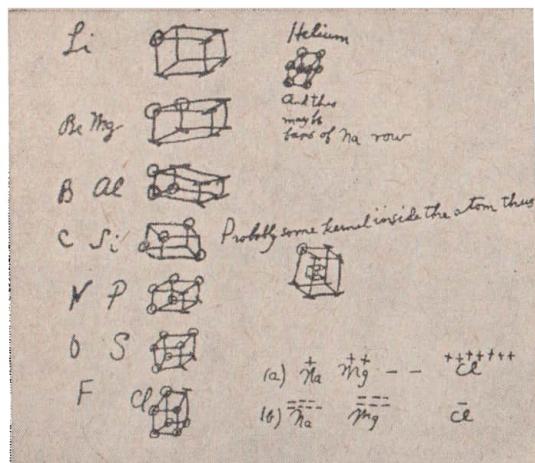
Das eigentliche Arbeitsgebiet von *Lewis* war die physikalische Chemie, und zwar die Thermodynamik. Als *Lewis* seine wissenschaftliche Laufbahn begann, waren die Grundlagen der Thermodynamik im wesentlichen vorhanden, jedoch bot das Gebiet im ganzen noch ein ziemlich chaotisches Bild, so daß die praktische Durchführung thermodynamischer Berechnungen auf große Schwierigkeiten stieß. *Lewis* führte eine Reihe neuer thermodynamischer Hilfsgrößen ein, wie Aktivität, Flüchtigkeit, Aktivitätskoeffizient und Normalentropie. Sein bevorzugtes Arbeitsgebiet war die physikalische Chemie der Lösungen, insbesondere der Elektrolytlösungen. Als erster fand er, daß der Aktivitätskoeffizient eines beliebigen Ions nur von der totalen Ionenstärke der Lösung abhängt. Diese Feststellung wurde später durch *Debye* bestätigt. *Lewis* definierte die Ionenstärke als Summe der Produkte der einzelnen Ionenkonzentrationen und den Quadraten der Wertigkeiten. Im gleichen Jahr wie *Brönsted* und *Lowry* formulierte *Lewis* seine Gedanken zur Erweiterung der Säure-Base-Theorie (→ S. 219).

Die *Lewissche* Theorie der Säure-Base-Funktion zeigt sich vorteilhaft bei der Be- trachtung der Reaktionen von Säuren und Basen unabhängig vom Lösungsmittel. Nach *Lewis* ist der saure Charakter eines Stoffes bedingt durch die Befähigung eines seiner Atome, sich mit einem anderen Stoff dadurch zu vereinigen, daß es für die Ausbildung einer homöopolaren Bindung mit dem anderen Stoff von diesem ein Elektronenpaar übernimmt. Der basische Charakter ist nach *Lewis* an die Fähigkeit geknüpft, ein Elektronenpaar für die Ausbildung einer homöopolaren Bindung zur Verfügung zu stellen. Hiernach sind amphoter Stoffe solche, deren Moleküle ein Elektronenpaar für die Ausbildung einer homöopolaren Bindung sowohl übernehmen als auch zur Verfügung stellen können.

1933 gelang es *Lewis* nachzuweisen, daß sich unter geeigneten Bedingungen durch Elektrolyse schweres Wasser gewinnen läßt.

Die Theorie von *Kossel-Lewis-Langmuir* hat gezeigt, wie notwendig die Betrachtung

Aufzeichnungen
aus dem Tagebuch von G. N. Lewis
aus dem Jahre 1902
über die Struktur der Atome



der inneren Bewegung im Atom zum Verständnis der bindenden Kräfte ist. Die Einbeziehung der Bewegung im Atom bei der Erforschung der bindenden Kräfte ist eine bedeutsame Erweiterung der klassischen Atomistik. Sie läßt erkennen, daß die Elementarteilchen nicht die Atome, sondern die Elektronen sind. Durch ihre Kreisel- und Magnetwirkung waren wiederum neue Probleme aufgeworfen. So vermochte es erst die Wellenmechanik von Heisenberg und Schrödinger, die Lewissche Theorie der Valenz mittels einer Art magnetischer Koppelung der als Kreisel wirkenden Elektronen unter Zuhilfenahme des Pauli-Prinzips zu deuten. Eine allgemeine Theorie der bindenden und lockeren Elektronen im Atomverband und der gerichteten Valenz war dadurch im Anschluß an die Arbeiten von Lewis möglich. Die weitere Entwicklung ist mit den Untersuchungen so bedeutender Naturwissenschaftler wie Heitler, London, Hund, Mullikan und L. Pauling verbunden.

Unabhängig voneinander haben Kossel und Lewis eine Theorie der chemischen Bindungen entwickelt, die auf der Grundlage der physikalischen und chemischen Erkenntnisse dieser Zeit beruhte. Beide Forscher waren vom eigentlichen Arbeitsgebiet her keine Chemiker. Ihr Beitrag zur Schaffung theoretischer Grundlagen ist eines der Beispiele für die Tendenz der Wissenschaft in unserem Jahrhundert, schon von der Problematik des Untersuchungsgegenstandes die Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaften zu fordern.

Linus Pauling

Linus Pauling wurde am 28. Februar 1901 in Portland (Oregon) geboren. Während der Jahre 1917 bis 1922 studierte er am Oregon State College und kann dann nach Pasadena an das California Institute of Technology, wo er seitdem den Lehrstuhl für Chemie innehat. Im Jahre 1925 promovierte er mit einer Arbeit über die Röntgenstrukturanalyse anorganischer Verbindungen. Danach ermöglichte ihm ein Stipendium einen Studienaufenthalt in München, Zürich und Kopenhagen, wo er sich bei Sommerfeld, Schrödinger und Bohr dem Studium der Atomphysik und der Quantentheorie widmete. Pauling wurde so mit chemischen und physikalischen Problemen



vertraut und konnte sich bald darauf mit der quantenmechanischen Behandlung der chemischen Bindungsverhältnisse grundlegend beschäftigen. Sein Buch „Die Natur der chemischen Bindung“ (1939) gehört zu den bekanntesten Werken der modernen Strukturchemie. Neben zahlreichen anderen Chemikern, zum Beispiel *E. Hückel* und *Ch. D. Ingold*, hat *Pauling* mit seinen Arbeiten viel zur Entwicklung der chemischen Strukturtheorie beigetragen. Seit der Entdeckung der Quantentheorie durch *Max Planck* und ihrer Weiterentwicklung zur Quanten- beziehungsweise Wellenmechanik erkannten die Naturwissenschaftler immer deutlicher, daß zwischen Physik und Chemie keine starren Grenzen bestehen. Die Anwendung der Quantentheorie auf die Probleme der chemischen Bindung führte dazu, daß in der Chemie viele einzelne Fakten von einem einheitlichen theoretischen Standpunkt erklärt werden können. *Pauling* schätzte den Einfluß, den die Ausarbeitung der chemischen Bindungslehre auf die Chemie nehmen wird, hoch ein. Er schrieb: „Falls der jetzige wissenschaftliche Fortschritt beibehalten wird, kann bereits die folgende Generation eine Valenztheorie haben, die es der Chemie erlaubt, ebenso genügend präzis und wirksam wie die theoretische Physik zu sein“ [107; S. 220].

Das setzt die Ableitung der Elementarprozesse bei der Bildung und Umbildung chemischer Verbindungen aus wenigen allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten voraus. Die Kenntnis derartiger Gesetzmäßigkeiten würde theoretische Voraussagen über das chemische Verhalten und die physikalischen und biologischen Eigenschaften von chemischen Verbindungen erlauben, die uns in der Erfahrung überhaupt noch nicht begegnet sind. Dazu ist aber die genaue Kenntnis der Struktur und der physikalischen Wechselwirkung von Atomen und Molekülen erforderlich. Wenn es auch der heutigen Quantenchemie noch nicht restlos gelungen ist, alle wichtigen theoretischen Probleme zu lösen, so haben sich doch schon wesentliche Fortschritte ergeben, die gestatten, das Reaktionsgeschehen und die Eigenschaften chemischer Verbindungen theoretisch vorauszusagen.

In den 30er Jahren erklärte *Pauling* den molekularen Aufbau der Stoffe mit Hilfe quantenchemischer Anschauungen und lehnte sich dabei an die Arbeiten *Heisenbergs* über die Berechnung des Heliumatoms an, der dabei den Begriff „quanten-

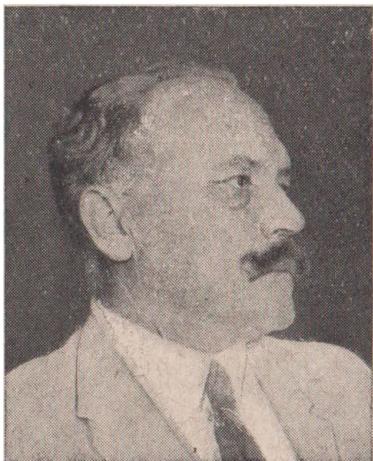
mechanische Resonanz“ prägte. *Pauling* setzte an die Stelle der klassischen Strukturlehre die von ihm entwickelte Resonanztheorie.

Den Begriff „Resonanz“ will *Pauling* als Metapher gebraucht wissen. Die Resonanztheorie geht davon aus, daß nicht jedem Molekül eine eindeutige Elektronenstruktur zugeschrieben werden kann, und erklärt in solchen Fällen, daß „die verschiedenen möglichen Elektronenstrukturen miteinander in Resonanz stehen“ [108; S. 197]. Daher ist die chemische Bindung in diesen Stoffen bastardisiert. Eine wesentliche Rolle in *Paulings* Theorie spielt die von ihm entwickelte Elektronegativitätsskala der chemischen Elemente, aus der die Bindungsenergie zweier Elemente abzuschätzen ist und die somit Hinweise auf die Stabilität und den Charakter einer chemischen Bindung gestattet. Damit war es *Pauling* auch möglich, Übergänge zwischen der Ionenbeziehung und Atombindung theoretisch zu begründen. Er konnte mit seiner Theorie, wie auch *H. Remy* in seinem „Lehrbuch der Anorganischen Chemie“ zeigt, die Struktur mehrerer Stoffe erklären. Mit der quantenmechanischen Theorie der chemischen Bindung, der Resonanztheorie, erklärte *Pauling* neue experimentelle Ergebnisse besser, als es die von ihm als nicht ausreichend empfundene klassische Theorie der chemischen Bindung vermag.

Ausgehend von der Resonanztheorie untersuchte *Pauling* den Aufbau kettenförmiger Proteine und arbeitete über die Immunitätswirkung von Antikörpern. *Paulings* Arbeiten auf diesen Gebieten wurden bei der Verleihung des Nobelpreises für Chemie im Jahre 1954 hervorgehoben, weil sie für die Anwendung neuester chemisch-physikalischer Erkenntnisse in der Biologie und Medizin richtungweisend waren.

In Anerkennung seiner wissenschaftlichen Leistungen wurde *Pauling* Ehrenmitglied von 15 wissenschaftlichen Akademien, zu denen auch die Akademie der Wissenschaften der Sowjetunion gehört. Die wissenschaftlichen Arbeiten und Leistungen *Paulings* sind sehr umfangreich. Es sind etwa 250 bedeutende wissenschaftliche Veröffentlichungen erschienen.

Bemerkenswert sind *Paulings* Ideen als Hochschullehrer, die von der stürmischen Spezialisierung der Chemie und den für einen einzelnen Chemiker jetzt unüberschaubaren Forschungsergebnissen ausgehen. In seiner Antwort zu einer Umfrage



Arnold Sommerfeld, 1868 bis 1951,
Professor für theoretische Physik in München,
klärte mit seinen Arbeiten die Feinstruktur
der Spektrallinien
und trug wesentlich zur Deutung des Atombaus bei

über das Thema „Was muß man lernen?“ erklärte er unter anderem: „Unter diesen Umständen bin ich zu der Ansicht gelangt, daß ein junger Mensch, der es auf dem Gebiet der Chemie zu etwas bringen möchte, dem Studium der theoretischen Aspekte der Wissenschaft besondere Aufmerksamkeit widmen sollte“ [109; S. 147]. In der Aneignung experimenteller Fertigkeiten und allgemeintheoretischer Grundkenntnisse sieht er den Schlüssel für das Verständnis chemischer Fakten, die in geringerer Anzahl zu lehren sind. Diese Auffassung liegt auch seinem Lehrbuch „General Chemistry“ zugrunde, das zu den beliebtesten Hochschullehrbüchern gehört.

Fast fünf Jahrzehnte hat sich *Pauling* ausschließlich dem Dienste an der Wissenschaft gewidmet. Als auch ihm die wahnsinnige Atomstrategie der amerikanischen Rüstungsindustriellen und ihrer Interessenvertreter im Pentagon, die mit ungeheuren Gefahren für die Menschheit verbunden ist, bewußt wurde, folgte er dem Beispiel anderer hervorragender Wissenschaftler. Aus den Kreisen der amerikanischen Intelligenz kommend wurde *Pauling* zu einem der führenden Vertreter der Friedensbewegung in den USA. Im Januar 1958 überreichte er einen von ihm verfaßten Appell dem UN-Generalsekretär und forderte damit die Vereinten Nationen dringend auf, sich für ein internationales Abkommen über die Einstellung der Atomwaffenversuche einzusetzen. Diesen Appell hatten über 11 000 Wissenschaftler aus 49 Ländern unterschrieben.

Pauling, der bereits das inquisitorische Vorgehen des McCarthyismus in unliebsamer Erinnerung hatte, wurde am 21. Juni 1960 erneut vor den Senats-Unterausschuß für Innere Sicherheit geladen, wo ihm der Vorsitzende Senator *Th. J. Dood* ein Ultimatum stellte: Entweder gebe *Pauling* die Namen derjenigen an, die ihm geholfen hatten, die Unterschriften zu sammeln oder er würde eine Gefängnisstrafe antreten. Dadurch sollte nicht nur *Paulings* Aktivität für internationale Verständigung zur Erhaltung des Friedens unmöglich gemacht, sondern gleichzeitig die amerikanische Friedensbewegung diskriminiert werden. *Pauling* war aber nicht der Mann, der gegenüber den Methoden einer spektakulären Gesinnungsschnüffelei nachgab und verklagte den Senats-Unterausschuß wegen Verletzung der in der amerikanischen Verfassung festgelegten Rechte beim USA-Bundesgerichtshof.



Wiederholte sprach *Pauling* in verschiedenen Ländern zu den Menschen über die Notwendigkeit, für den Frieden zu kämpfen. Sein stark beachtetes Buch „*Nie wieder Krieg*“ erschien in mehreren Sprachen. Sein unermüdlicher Friedenskampf zeichnet sich besonders durch die sachliche Widerlegung aller Aspekte der gefährlichen Atomstrategie aus. *Pauling* ist kein weltfremder Pazifist, sondern ein erfahrener, politisch orientierter Mann, der die Pläne des Pentagons und der Nato richtig beurteilen kann. Dazu haben ihn auch staatliche Aufgaben befähigt, denn er war von 1942 bis 1946 Mitglied der „Nationalen Kommission für Verteidigung“ und der „Studienkommission für nationale Sicherheit“. Um die Gefahren der radioaktiven Verseuchung besser beweisen zu können, führte er zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten aus und zeigte, daß Strontium 90 Knochenkrebs und Leukämie, Jod 131 Schilddrüsenkrebs und Kohlenstoff 14 sowie Zäsim 137 andere furchtbare Krankheiten hervorrufen.

Der Welt des kalten Krieges stellte *Pauling* die Politik der friedlichen Koexistenz entgegen. Einmal gefragt, ob denn der ökonomische Wettbewerb mit dem sozialistischen Lager nicht für die USA ungünstig auslaufen könnte, entgegnete er, wirtschaftliche Fragen könnten viel besser gelöst werden, wenn das amerikanische Volk in guter Gesundheit lebt und ein gutes Leben führt, als wenn wir alle tot wären.

Im Jahre 1963 wurde der Friedenskampf *Paulings* durch die Verleihung des Friedensnobelpreises gewürdigt.

Pauling besuchte im Jahre 1959 auch die Hauptstadt der Deutschen Demokratischen Republik, in der ihm die mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität die Ehrendoktorwürde verlieh. Aus Anlaß dieser Ehrung sprach er zu Wissenschaftlern und Studenten der Humboldt-Universität.

Der Jugend der Deutschen Demokratischen Republik gab er eine besondere Verpflichtung auf, als er die Worte schrieb: „Jetzt müssen wir alle zusammenarbeiten; und ich setze ein besonderes Vertrauen in Euch, die Welt vor dem Krieg zu bewahren“ [110].

Chemie und Industrie

Nicolas Leblanc · Ernest Solvay

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts war es ein wichtiges Problem, den steigenden Sodabedarf der Industrie zu befriedigen. *Nicolas Leblanc* fand als erster einen Weg zur großtechnischen Sodaerstellung. Er gehörte zu den Persönlichkeiten, die durch ihre wissenschaftlich-technische Arbeit die industrielle Revolution in Europa hervorragend förderten.

Nicolas Leblanc wurde am 6. Dezember 1742 in Ivoy-le-Pré geboren. Er stammte aus der Familie eines Hüttendirektors und kam über den Arztberuf zur Chemie. Er hatte an der Chirurgenschule in Paris neben Medizin auch Chemie studiert und sich nebenbei auf chemisch-experimentellem wie auf theoretischem Gebiet ständig weitergebildet. Im Jahre 1802 veröffentlichte er zum Beispiel in den Berichten der Französischen Akademie der Wissenschaften ein Werk über die Kristallisation der Salze.

Leblanc war in mehreren gesellschaftlich wichtigen Funktionen tätig, die er zum Teil ehrenamtlich ausführte. In der Zeit von 1792 bis 1797 war er „Administrateur“ des Seine-Départements, im Jahre 1794 wurde er zum Verwalter der Pulver- und Salpeterfabriken im Arsenal ernannt, und im Juni 1795 erhielt er den Auftrag, die Bodenschätze des Départements Darn und Aveyron zu erforschen. Er sollte Professor der Naturgeschichte an der Universität Albi werden (1796), lehnte jedoch diese Berufung ab.

Zu Beginn der 90er Jahre des 18. Jahrhunderts befand sich Frankreich in schwierigen politischen, militärischen und wirtschaftlichen Verhältnissen. Die Gegner der bürgerlichen Revolution hatten weite Gebiete des Landes besetzt, an den Küsten des Mittelmeeres und des Atlantiks blockierte die englische Flotte die Einfuhr, und auf dem Festland bekämpften die Heere der Koalition von Österreich und Preußen zusammen mit den Truppen Englands die junge französische Republik. Unter der bürgerlich-demokratischen Diktatur der Jakobiner wurde die innere Konterrevolution zurückgedrängt und das Land von den Interventionstruppen befreit.

Der Wohlfahrtsausschuß, das Machtorgan der Jakobiner, an dessen Spitze *Robespierre* stand, versuchte auch die wirtschaftlichen Schwierigkeiten der Republik zu überwinden und verschaffte sich über Produktionsverfahren, so auch über die Ver-



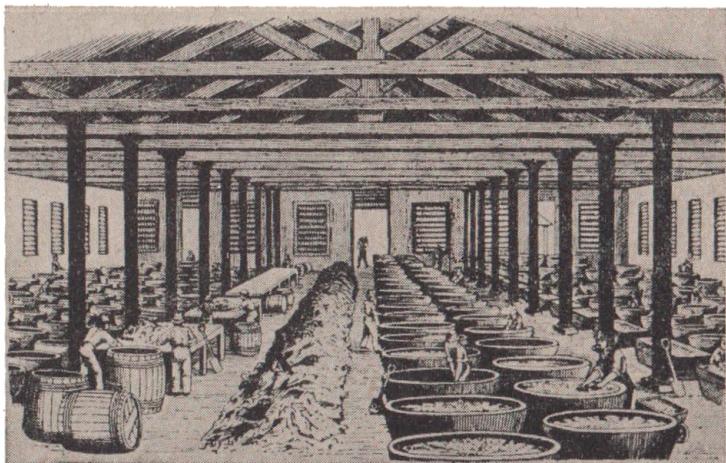
fahren aller Sodaproduzenten einen Überblick und veröffentlichte *Leblancs* Patent als das geeignete Verfahren. Damit war der Weg für eine industrielle Sodaerstellung frei. *Leblanc* verlor in den damaligen Ereignissen und in seinem Bemühen um Anerkennung seiner Leistungen sein gesamtes Vermögen und schied am 16. Januar 1806 freiwillig aus dem Leben.

Leblanc begann seine Versuche zur künstlichen Sodaerstellung im Jahre 1787. Er griff damit ein für die Entwicklung der Industrie außerordentlich aktuelles Problem auf. Wenige Jahre zuvor hatte die verbesserte Dampfmaschine von *James Watt* neue Energiequellen eröffnet, und durch den Bau von Werkzeugmaschinen entwickelten sich die Produktivkräfte in einem bis dahin nicht bekannten Ausmaße. Die Textilindustrie jedoch wurde zum Ausgangspunkt der industriellen Revolution. Für ihre stürmisch steigende Produktion waren der im Jahre 1760 verbesserte Webstuhl, die von *Hargreave*, *Arkwright* und *Crompton* in den Jahren 1768 bis 1779 erfundenen Spinnmaschinen und der in Amerika aufgekommene plantagemäßige Anbau von Baumwolle Voraussetzungen. Die technische Verarbeitung der Baumwolle und der Einsatz von Baumwollstoffen für die Bekleidung bedurften dringend der Chemie. Die rohe Baumwollfaser mußte gereinigt, gewaschen, gebleicht und gefärbt werden. Für diese Aufbereitung benötigte die Textilindustrie größere Mengen Soda; die Glasindustrie war ein weiterer Großverbraucher.

Seit Jahrhunderten wurde die Soda aus natürlichen Vorkommen gewonnenen, die zunächst auch den gestiegenen Bedarf deckten. Die Einfuhr von „Trona“, einem Rohsodaproduct aus den ägyptischen Sodaseen, und von „Barilla“ aus Spanien, einer Rohsoda, die aus der Asche verbrannter Meerespflanzen gewonnen wurde, mußte dazu ständig erhöht werden. Die natürliche Soda reichte aber bald nicht mehr aus, und Pottasche, die als Ersatz für Soda in vielen Ländern aus Holzasche gewonnen wurde, stand nur in begrenzter Menge zur Verfügung. Außerdem mußten die Textilfabrikanten für den Transport und die Reinigung der Rohsoda erhebliche finanzielle Mittel aufbringen.

Als *Leblanc* das Problem bearbeitete, Soda künstlich herzustellen, spiegelte die Theorie die chemischen Reaktionen noch nicht hinreichend richtig und umfassend

Kristallisations-
halle einer
Sodafabrik
(19. Jahrhundert)



wider. Daher war er vorzugsweise auf die empirische Forschung und die bereits gesammelten Erfahrungen angewiesen. Er ging von Untersuchungen der französischen Chemiker *Duhamel du Monceau*, *de la Métherie*, *Malherbe*, *Guyton de Morveau* und der deutschen Chemiker *A. S. Marggraf* und *J. K. Meyer* aus.

Malherbe hatte bereits durch Anwendung der Lehren *Lavoisiers* eine wichtige Reaktion für die Sodaerstellung gefunden. Er stellte aus Natriumchlorid durch Einwirkung von Schwefelsäure Natriumsulfat (Glaubersalz) her, das er mit metallischem Eisen und mit Holzkohle reduzierte. Die gelöste, erkaltete Schmelze ging durch Abgabe des Schwefels an Eisen in Natriumhydroxid über, das *Malherbe* für Soda hielt.

Leblanc dagegen setzte das Glaubersalz mit Kalk und Kohle in einem Flammofen zu Soda und Kalziumsulfid um und trennte beide Produkte durch Ausläugen voneinander. Diese künstlich gewonnene Soda hatte gegenüber dem Naturprodukt bedeutende Vorteile. Sie war viel reiner und gleichbleibender zusammengesetzt, ihre Gestehungskosten lagen wesentlich niedriger, und sie konnte in genügender Menge hergestellt werden. *Leblanc* ließ sich sein Verfahren patentieren und stellte im Jahre 1790 erstmalig industriell Soda her. Der *Herzog von Orléans*, dessen Leibarzt *Leblanc* war, finanzierte das Unternehmen.

Im Jahre 1810 war Frankreich in der Lage, seinen gesamten Sodabedarf aus der einheimischen Produktion zu decken. Es war zu jener Zeit alleiniger Produzent der sogenannten *Leblanc*-Soda.

In England, das zu Beginn des 19. Jahrhunderts industriell weiter fortgeschritten war als Frankreich, wurde das *Leblanc*-Verfahren zuerst die Grundlage der anorganisch-chemischen Industrie.

Als das *Leblanc*-Verfahren eingeführt und in den folgenden 90 Jahren vervollkommen wurde, mußten sich die Chemiker grundlegend mit chemisch-technischen Reaktionen beschäftigen. Dabei kam es besonders darauf an, das Verfahren rentabler zu gestalten. Der Chlorwasserstoff, der in großen Mengen bei der Glaubersalzherstellung anfiel, war damals ein lästiges Nebenprodukt. Nachdem er zu Chlor oxydiert werden konnte und dazu durch *Weldon* und *Deacon* geeignete chemisch-technische

Verfahren entwickelt worden waren, stellte man durch Reaktion von Chlor mit Kalziumhydroxid großtechnisch Chlorkalk her, dessen Bleichwirkung *Berthollet* bereits 1785 erkannt hatte. Der lästige Chlorwasserstoff wurde dank der Erkenntnisse der Chemiker auf diese Weise zu einem begehrten Rohstoff für die ständig wachsende Textilindustrie, die mit der bis dahin üblichen Rasenbleiche nicht mehr länger hätte auskommen können.

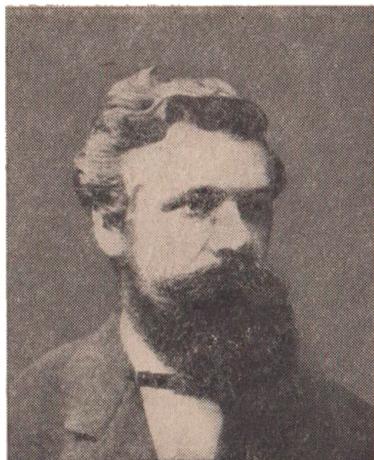
Wesentlicher Bestandteil der Rückstände beim *Leblanc*-Verfahren war das Kalziumsulfid. Es wurde auf seine Verwendbarkeit untersucht, wobei man sich auf den Schwefelgehalt bezog. Erste Versuche unternahm *Gossage* (1836), der aus Kalziumsulfid, Wasser und Kohlendioxid Schwefelwasserstoff und Kalziumkarbonat herstellte. Davon ausgehend entstand in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts das *Claus*-Verfahren zur Oxydation des Schwefelwasserstoffs.

Das *Leblanc*-Verfahren wurde auch deshalb für die anorganische chemische Industrie bedeutungsvoll, weil es die Entwicklung zahlreicher neuer Apparaturen und die Ausarbeitung von Verfahrensprinzipien verlangte. So wurden zum Beispiel Drehrohröfen, Klärapparate, Apparaturen zum Eindampfen und Waschtürme in die chemische Industrie eingeführt beziehungsweise vervollkommen. Bei der Trennung der Soda vom Kalziumsulfid wurde erstmalig das Gegenstromprinzip angewendet.

Mit der Zeit wurden die Nachteile des *Leblanc*-Verfahrens sichtbar, und man suchte nach neuen Wegen zur Sodaerstellung. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts waren die Reaktionen bekannt, die vom Natriumchlorid in Gegenwart von Ammoniak zum Natriumkarbonat führen. Für die Rückgewinnung des Ammoniaks waren die chemischen Grundlagen ebenfalls erforscht. *Ernest Solvay* gebührt das Verdienst, das Ammoniak-Soda-Verfahren zur Produktionsreife geführt zu haben.

Ernest Solvay, geboren am 16. April 1838 in Rebécq-Rognon in Belgien, war kein akademisch gebildeter Chemiker. Er ist einer der ersten Chemie-Industriellen, die weniger Wissenschaftler und Techniker als Kaufleute waren, aber damals bereits die Bedeutung erkannten, die der Chemie im Rahmen der industriellen Entwicklung zukam.

Solvays Vater betrieb neben einem Steinbruch eine kleine Salzsiederei und sein



Ernest Solvay
1838 bis 1922

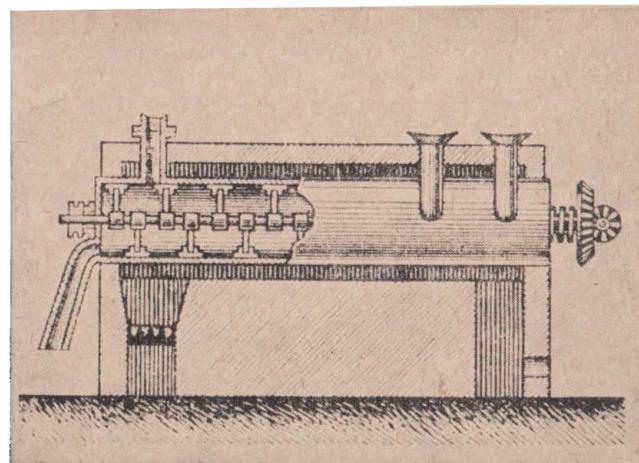
Onkel eine Gasfabrik, in der im Jahre 1859 *Solvay* als Gehilfe mitarbeitete. Er war dort mit der Verwertung des Gaswassers beschäftigt und stellte Salmiakgeist und Ammoniumkarbonat her. Er setzte Ammoniumkarbonat mit Kalziumchlorid um, das er aus dem Betrieb seines Vaters bezog, und erhielt über Natriumhydrogenkarbonat Soda. Er glaubte damit, ein neues Soda-Verfahren gefunden zu haben. Die chemischen Grundlagen des Verfahrens hatten aber bereits andere Chemiker vor ihm ausgearbeitet. *Solvays* Verdienste um das Ammoniak-Soda-Verfahren bestehen allein darin, daß er die apparative Seite des Verfahrens verbesserte. Dadurch konnte bei geringem manuellem Aufwand ein Maximum an Ausbeute erreicht werden. *Solvay* führte geschlossene Apparaturen ein und löste so das Problem der Ammoniumverluste, die bis dahin die praktische Durchführung übermäßig verteuerten. In seinen gemäß dem Gegenstromprinzip arbeitenden Karbonierkolonnen wurden Ausgangsstoffe und Energie optimal ausgenutzt. Durch diese rationelle Gestaltung des Soda-Verfahrens wurde *Solvay* der Begründer der Ammoniak-Soda-Industrie.

Solvay meldete im Jahre 1861 sein Verfahren zum Patent an und ließ mit geliehenen Geldern eine kleine Fabrik bauen. 1863 gründete er eine Aktiengesellschaft. Seine Fabrik produzierte 1866 bereits 1500 kg Soda je Tag, und 1867 konnten bereits 5 % Dividende gezahlt werden.

Auf der Weltausstellung 1869 stellte *Solvay* sein Verfahren aus und machte es so international bekannt. Kurze Zeit darauf nahmen zwei seiner neuerrichteten Werke in Frankreich die Soda-Produktion nach dem Ammoniak-Soda-Verfahren auf.

In der chemischen Industrie des 19. Jahrhunderts begann nun der „Kampf“ zwischen *Leblanc*-Verfahren und dem Ammoniak-Soda-Verfahren, ein „Kampf“ zwischen alter und neuer Technik. Die ökonomischen Daten des Ammoniak-Soda-Verfahrens waren die günstigeren, daran änderten auch die zahlreichen Versuche nichts, die Selbstkosten der *Leblanc*-Soda durch intensive wissenschaftliche und ökonomische Durchdringung des Verfahrens wesentlich zu senken. 1916, rund 120 Jahre, nachdem das *Leblanc*-Verfahren technisch verwirklicht worden war, mußte die letzte *Leblanc*-Fabrik die Produktion einstellen. Das Neue hatte sich damit durchgesetzt. Die gesellschaftlichen Kräfte, die der neuen Technik zum Siege verholfen, waren

Apparatur von E. Solvay
zur Erzeugung
von Soda (1879)



kapitalistischer Natur. Der „Kampf“ zwischen dem *Leblanc*-Verfahren und dem Ammoniak-Soda-Verfahren wurde daher in typischer kapitalistischer Manier, mit dem Mittel der Konkurrenz und dem Ziel, höchste Profite zu erhalten, geführt. Es war ein wirtschaftlicher Kampf zwischen *Solvay*, dem Besitzer der modernen Produktionsmittel, und den Kapitalisten, die das *Leblanc*-Verfahren anwendeten.

Solvay‘s größter Konkurrent, der englische Chemie-Industrielle *Ludwig Mond*, machte ihm im Jahre 1872 das Angebot, gegen eine Lizenzgebühr von 8 sh je Tonne, Soda nach dem *Solvay*-Verfahren herzustellen und nicht nur die Produktion nach dem *Leblanc*-Verfahren in seinen Werken einzustellen, sondern auch die anderen *Leblanc*-Fabriken niederzukonkurrieren. Im Jahre 1875 wurde durch *Mond* die erste Ammoniak-Soda-Fabrik in England erbaut und wenige Jahre darauf war dieser unumschränkter Herrscher der englischen chemischen Industrie.

Im 19. Jahrhundert schuf *Solvay* einen der ersten Chemiekonzerne, der sich nicht auf ein Land beschränkte, sondern eine führende Stellung in der Welt anstrebte. Innerhalb von zwei Jahrzehnten besaß *Solvay* in allen großen Staaten der Welt seine Fabriken. 1880 kam er nach Deutschland, 1881 nach den USA und 1883 nach Rußland. 1916 kontrollierte er – trotz des Krieges – die Weltproduktion an Soda.

Solvay war stets bemüht, den wahren Charakter seines immer mächtigeren Unternehmens nie sichtbar werden zu lassen. Seinen Konzern hatte er als Familienunternehmen gestaltet, in dem seine Kinder und andere Verwandte die Betriebe in England, den USA und in anderen Ländern leiteten.

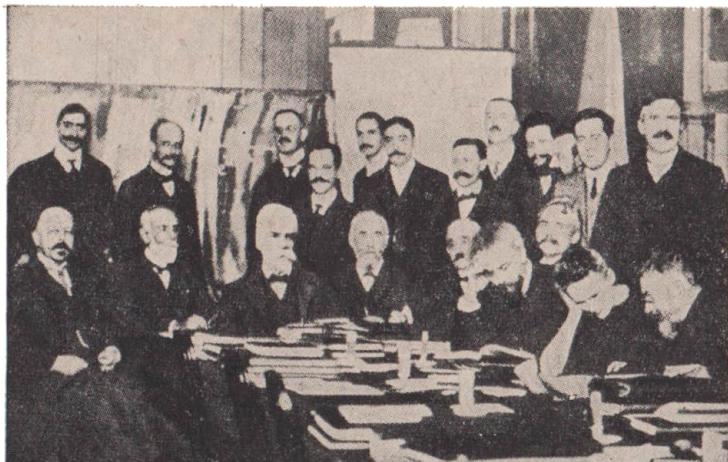
In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts stieg der Sodabedarf der Industrie weiter stark an, und das ursprünglich der Textil- und Glasindustrie zugeordnete Produkt gehörte bald zu den bedeutenden anorganischen Grundchemikalien. Dieser wachsende wirtschaftliche Bedarf gab *Solvay* einerseits die Möglichkeit, die Sodaproduktion zu erhöhen, andererseits nutzte er ihn, um andere Betriebe, die Soda als wichtigen Grundstoff benötigten, in seine Gewalt zu bringen. Er bemühte sich dabei um die Glasindustrie, einem Großverbraucher für Soda, und bekam Einfluß auf die Weltglasproduktion. Er brachte die Patente des amerikanischen Erfinders *Colburn* in seinen Besitz und verschaffte sich Einfluß auf die Fenster- und Spiegelglasproduktion

in allen großen Ländern durch die Beherrschung des *Libbey-Owens*-Konzerns und dessen deutschen Unternehmens, der „DELOG“, so daß er 40 % der deutschen Fensterglasproduktion kontrollierte.

„In den Flegeljahren des Imperialismus groß geworden“, fühlte sich *Solvay* von jeher besonders zu den deutschen Kapitalisten hingezogen. Er hatte nicht nur gute Beziehungen zum deutschen Finanzkapital, sondern auch zu *Wilhelm II*. *Solvay* tat es den deutschen Kapitalisten gleich, indem er erhebliche Beiträge zur Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft stiftete. Wegen „seiner Förderung der Wissenschaft“ – einer Tat, die auch seinen eigennützigen kapitalistischen Interessen diente – war er auswärtiges Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften, die ihm die *Leibniz*-Medaille verlieh.

Als *Solvay* nach dem ersten Weltkrieg seinen Einfluß in Deutschland auch auf den gerade entstandenen IG-Konzern ausdehnen wollte, lernte er die Macht des noch jungen Chemiemonopols kennen und mußte klein beigeben und der IG entgegen seinem Vorhaben einen beträchtlichen Einfluß auf seine deutschen Unternehmen einräumen, die in den „Deutschen Solvay-Werken AG“ zusammengeschlossen waren. Diese Zusammenhänge deckte besonders im Jahre 1950 der Prozeß gegen Mitarbeiter der Solvay-Werke Bernburg vor dem Obersten Gericht der Deutschen Demokratischen Republik auf. Die Agenten der *Solvays* wurden wegen systematischer Störung des Aufbaus unserer volkseigenen Wirtschaft angeklagt und zu hohen Strafen verurteilt. Unter den besonderen Bedingungen der deutschen Solvay-Werke, die als ausländischer Besitz erklärt worden waren, glaubten sie, die alten kapitalistischen Besitzverhältnisse wieder herstellen und die antifaschistisch-demokratische Ordnung liquidieren zu können.

Das Ammoniak-Soda-Verfahren nach *Solvay* ist eine der großen technisch wissenschaftlichen Leistungen, die hervorragend dazu beigetragen haben, die Produktivkräfte weiterzuentwickeln. Dieser Fortschritt geschah unter kapitalistischen Bedingungen und war durch die Attribute des Kapitalismus gekennzeichnet. Durch die Ausbeutung der Wissenschaftler, Techniker und Arbeiter, die in den Betrieben des Solvay-Konzerns beschäftigt waren, wurden wohl die Mittel für diesen wissenschaft-



lich-technischen Fortschritt bereitgestellt, aber vor allem bereicherte sich dadurch die Familie *Solvay*. Den gleichen Zwecken dienten die Monopolpreise für Soda, die der Solvay-Konzern maßgeblich bestimmte. Die Bereicherung, die für *Solvay* mit dem Einsatz für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt verbunden war, wird nur zu einem Teil durch den Grund- und Kapitalbesitz deutlich, den er bei seinem Tode am 26. Mai 1922 seinen Erben hinterließ. Als einer der reichsten und mächtigsten Konzernherren seiner Zeit hatte er sich in etwa 60 Jahren 38 Schlösser mit den dazugehörigen Ländereien und zwei der größten belgischen Banken auf Kosten der Gesellschaft angeeignet.

Aus einer über die Bedürfnisse hinaus gesicherten sozialen Position vertrat *Solvay* soziologische Theorien, die er durch das Brüsseler „Institut für Soziologie“, das er 1894 gründete, überprüfen wollte. Mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen (Energetik, chemische Reaktion) suchte er die menschliche Gesellschaft zu erklären, was zu utopischen Gesellschaftstheorien führte. Nach 1900 entwickelte sein Institut Theorien, die bewußt den Kapitalismus verteidigten. *Solvay* unterließ nichts, um die imperialistische Politik zu stützen, revolutionäre Ideen von den Arbeitern fernzuhalten und andererseits reformistisches Gedankengut zu fördern. Es gehörte zu seinen Methoden, eine über den Nationen stehende Wissenschaft nicht nur zu propagieren, sondern auch in seinem Sinne zu fördern. Diesem Ziel sollten die Solvay-Kongresse dienen, die in Brüssel stattfanden, und auf denen sich stets die hervorragendsten Naturwissenschaftler, besonders Physiker, trafen. Auf den Solvay-Kongressen kamen erstmalig sowjetische Physiker mit ihren Kollegen aus der kapitalistischen Welt zusammen.

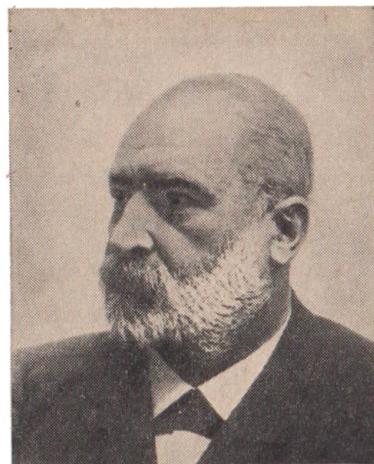
Auf dem Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik blieb seinen Nachkommen der Erfolg versagt. In dem ehemaligen Solvay-Konzerngebäude werden heute zukünftige Chemieingenieure ausgebildet, die mit ihren Kenntnissen den Reichtum der gesamten Gesellschaft mehren dürfen. Die Werke der Solvay-AG in Bernburg und Buchenau wurden in staatliche Verwaltung genommen, und es entstanden außerdem leistungsfähige volkseigene Betriebe, deren Produktion nach dem Ammoniak-Soda-Verfahren ausschließlich der gesamten Gesellschaft zugute kommt.

Clemens Winkler · Rudolf Knietsch

Clemens Winkler wirkte zu einer Zeit, zu der die organische Chemie die chemische Lehre und Forschung sowie auch die aufstrebende chemische Industrie besonders in Deutschland beherrschte und analytische und anorganische Arbeiten nur einen Bruchteil der Veröffentlichungen ausmachten. Die Stätte seines Wirkens war die kleine aber damals bereits traditionsreiche Bergakademie in Freiberg in Sachsen. Aus der Praxis der anorganisch-chemischen Industrie kommend, hat er wertvolle Beiträge zur Entwicklung der analytischen und angewandten Chemie geliefert und gewissermaßen der anorganischen Chemie wieder zur stärkeren Beachtung verholfen.

Clemens Winkler wurde am 26. Dezember 1838 in Freiberg (Sa.) geboren. Sein Vater war ein Hüttenchemiker, der seine Ausbildung unter anderem in Schweden bei *J. J. Berzelius* und *N. G. Sefström* erhalten hatte. Als er später das sächsische Blaufarbenwerk in Pfannenstiel bei Aue im Erzgebirge leitete, richtete er ein vorbildliches Werklaboratorium ein, in dem er Lehrgänge für Hüttenchemiker abhielt.

Clemens Winkler wuchs in der ländlichen Umgebung von Pfannenstiel auf. Schon in seiner Jugend interessierten ihn alle Vorgänge der belebten und unbelebten Natur. Er legte sich Herbarien und ein Terrarium an und sammelte und bestimmte Mineralien. Schon bald fand er den Weg in das väterliche Laboratorium. Im Alter von 12 Jahren wurde er auf das Gymnasium nach Freiberg geschickt, fand aber kein Vergnügen an den alten Sprachen und wechselte auf die Realschule nach Dresden über. In den Ferien war sein Lieblingsaufenthalt das Laboratorium des Vaters. Schon frühzeitig entschloß er sich, Chemiker zu werden. Nach der Realschule besuchte er die Gewerbeschule im damaligen Chemnitz. Dort lehrte zu seiner Zeit *Knop*, ein Schüler *Wöhlers*, der einen ausgezeichneten Unterricht erteilte. Bei seinem Vater und auch im Hüttenlaboratorium im benachbarten Oberschlema wurde er in die praktischen Laboratoriumsarbeiten eingeführt, so daß er, sehr gut vorgebildet, im Jahre 1857 die Bergakademie in Freiberg bezog. Seine Lehrer waren der Chemiker *Scherrer*, der Physiker *Reich* und der Mineraloge *Breithaupt*. Hüttenkunde lehrte ihn *Fritzsche*, und die Lötrohrprobierkunde lernte er bei dem Altmaster *Plattner*. *Scherrers* Laboratorium konnte dem jungen Studenten wenig bie-



ten. Er arbeitete lieber im Laboratorium seines Onkels *Breithaupt*, wo es ihm bereits im 2. Semester gelang, eine eigene wissenschaftliche Arbeit über den Kondurrit und dessen Zusammensetzung zu verfassen. Nach zweijährigem Studium verließ er die Bergakademie. Der Wunsch, an einer Universität Chemie zu studieren, blieb unerfüllt, weil sein Vater erkrankte und er zu dessen Entlastung in dem Blaufarbenwerk die Arbeit aufnehmen mußte.

1859 ging Clemens Winkler zunächst als Assistent an das königliche Blaufarbenwerk in Oberschlema. Nach dem Tode seines Vaters wurde er 1861 an das Pfannenstielwerk berufen. Hier fand er auch Zeit für wissenschaftliche Arbeiten. Im Jahre 1864 promovierte er in Leipzig erfolgreich mit der Arbeit „Über Siliciumlegierungen und Siliciumarsenmetalle“.

Ein Hüttenchemiker, der neben seiner beruflichen Arbeit die Doktorwürde erwarb, war zu damaliger Zeit noch etwas Ungewöhnliches. 11 Jahre arbeitete Clemens Winkler als Hüttenchemiker in Pfannenstiel. Er wurde eine bekannte und oft konsultierte Autorität auf dem Gebiet des Hüttenwesens. Auf den Weltausstellungen in Paris stellte er den ersten größeren Kobaltbarren aus. Eine längere Reise führte ihn in die Bergbaugebiete der Karpaten.

Als Scherrer 1873 in den Ruhestand trat, wurde Winkler als Professor für Chemie und Hüttenkunde an die Bergakademie Freiberg berufen. Es gelang ihm, das sächsische Ministerium davon zu überzeugen, daß für die Eisenhüttenkunde ein eigener Lehrstuhl notwendig sei, der mit dem berühmten Metallurgen *Ledebur* besetzt wurde.

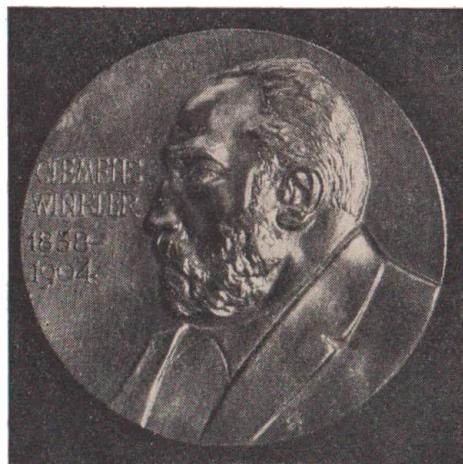
Winkler war ein talentierter Hochschullehrer, der jede Vorlesung gründlich vorbereitete, mit sprachlicher Eleganz vortrug und die Vorlesungsexperimente selbst vorführte. Aus dem veralteten Laboratorium der Bergakademie baute er eine moderne und vorbildliche Ausbildungsstätte. Er verlangte von seinen Studenten eine exakte, gut durchdachte Laboratoriumsarbeit. Schablonenhaftes oder oberflächliches Arbeiten war ihm verhaßt. Stets betonte er die pädagogische Bedeutung der analytischen Chemie; als „Kardinaltugenden des Analytikers“ bezeichnete er Sauberkeit, Ordnungsliebe und Gründlichkeit.

Seinen Studenten und Kollegen war er stets ein Freund und Berater. Er hat nie große Reichtümer erworben, unterstützte aber jeden, der ihn um Hilfe bat. Er war sehr gastfreundlich und gab jedem Besucher ein wertvolles Präparat oder Mineral zur Erinnerung mit. So verschenkte er fast alle Präparate des von ihm entdeckten Germaniums.

Er wurde überall hoch geachtet. Er war ein Freund der Freiberger und vor allem der Hüttenarbeiter, deren schweres Los er zu lindern sich bemühte, so daß er mit Zustimmung der gesamten Bevölkerung Ehrenbürger seiner Geburtsstadt Freiberg wurde. Viele wissenschaftliche Gesellschaften verliehen ihm die Ehrenmitgliedschaft. Er war Vizepräsident der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Die neugegründete Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg verlieh ihm zusammen mit A. v. Baeyer erstmals die Würde eines Dr. Ing. e. h. In den Jahren 1896 bis 1899 war Winkler Rektor der Bergakademie Freiberg. 1902 wurde er auf eigenen Wunsch krankheitshalber emeritiert. Er übersiedelte nach Dresden, wo er noch ein großes Werk über die analytische Chemie schreiben wollte. Im Jahre 1904 wählte man ihn zum Ehrenpräsidenten des V. Internationalen Kongresses für anorganische Chemie. Er konnte den ehrenvollen Auftrag nicht mehr übernehmen. Am 8. Oktober 1904 verstarb er in Dresden.

Zeit seines Lebens wählte Winkler als Themen seiner wissenschaftlichen Arbeiten Aufgaben aus der Praxis. Er bestimmte die Atommassen der in seinem Betrieb erzeugten Metalle Kobalt und Nickel, entwickelte die modernen Methoden der chemischen Gasanalyse, baute die Winkler-Bürette und führte den Begriff der gasnormalen Lösung ein. Mit Hilfe der Gasanalyse untersuchte er die Abgase der Hüttenwerke und fand die katalytische Oxydation des Schwefeldioxids, mit der er die Grundlage der modernen Schwefelsäureherstellung schuf. Auf analytischem Gebiet entwickelte er für Metall-Ionen neue Trennungsmethoden, die zum Teil im Halbmikroverfahren durchgeführt wurden; er bereicherte die Maßanalyse durch das titrimetrische System und die Elektrogravimetrie durch die Drahtnetzelektroden. Er führte die ersten grundlegenden chemisch-analytischen Arbeiten über das von Reich und Richter entdeckte Indium aus und bestimmte auch dessen Atommasse.

Clemens-Winkler-Medaille
der Chemischen Gesellschaft in der DDR
für hervorragende Leistungen
auf dem Gebiet der anorganischen Chemie



Eine Reihe von Jahren später gelang ihm die Entdeckung des Germaniums. Er untersuchte ein im Jahre 1885 in der Grube „Himmelsfürst“ bei Freiberg gefundenes Mineral, dem der Mineraloge Weißbach den Namen Argyrodit gegeben hatte. Bei der chemischen Analyse fand Winkler einen Fehlbetrag von fast 7%. Er nahm sofort ein unbekanntes Element an, ohne es zunächst nachweisen zu können. Bei der Untersuchung der Natriumkarbonat-Schwefel-Schmelze des Minerals erhielt er nach vier Monaten angestrengter Arbeit am 6. Februar 1886 beim Ansäuern der Aufschlußschmelze zunächst wie gewöhnlich ein klares Filtrat. Auf Zusatz größerer Mengen Chlorwasserstoffsäure fiel dann unerwartet ein flockiger weißer Niederschlag eines Metallsulfids aus, der sich durch Wasserstoff zu einem bis dahin unbekannten Metall reduzieren ließ. Winkler hielt es für das von Mendelejew als „Ekastibium“ vorausgesagte Element. Er veröffentlichte sofort seine Entdeckung in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft und benannte das Element gemäß dem Vorbild der Entdecker des Galliums und des Skandiums nach dem Entdeckerland Germanium. Sofort erhielt Winkler Zuschriften von Mendelejew, der das Element für „Ekakadmium“ ansah, und von L. Meyer und V. v. Richter, die auf das „Ekasilizium“ hinwiesen.

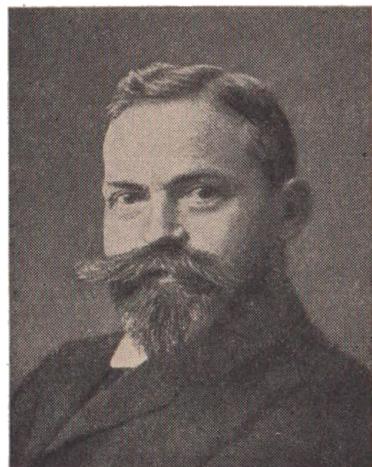
Winkler setzte mit einer aus 500 kg des Erzes gewonnenen größeren Germaniummenge von 156 g die Untersuchungen fort. Die quantitativen Analysen zeigten ihm bald, daß er das von Mendelejew vorausgesagte Element „Ekasilizium“ gefunden hatte. Die chemische Zusammensetzung des Argyrodits wurde als Silbergermaniumsulfid $4\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{GeS}_2$ erkannt. Sehr aufschlußreich ist der Vergleich der von Mendelejew für das Ekasilizium vorausgesagten Kennzahlen mit den Ergebnissen der Analysen Clemens Winklers.

Die Entdeckung Winklers war ein wichtiger Beweis für die Richtigkeit des Periodensystems der Elemente. Seit der Entdeckung des Germaniums verband Winkler und Mendelejew eine enge Freundschaft. 1894 besuchte Mendelejew Winkler in Freiberg, 1900 trafen sich beide Forscher in Berlin. Winkler versuchte noch weitere Beweise für die Richtigkeit des Periodensystems der Elemente zu erbringen. Er durchforschte die Metallhydride der Elemente der ersten bis vierten Gruppe. Als

Reduktionsmittel benutzte er Magnesium und regte durch seine Versuche *Goldschmidt* zur Entwicklung der Aluminothermie an.

	Voraussage <i>Mendelejews</i> 1871	gefunden von <i>C. Winkler</i> 1886
Atommasse	ES	Ge
Dichte in $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	72	72,32
Atomvolumen in $\text{cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$	5,5	5,47
Wertigkeit	13	13,22
Spezifische Wärme	IV	IV
in $\text{cal}\cdot\text{grd}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$	0,073	0,076
Dichte des Dioxids in $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	4,7	4,703
Molvolumen des Dioxids in cm^3	22	22,16
Dichte des Tetrachlorids in $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	1,9	1,887
Siedetemperatur		
des Tetrachlorids in $^{\circ}\text{C}$	57 bis 100	86
Molvolumen		
des Tetrachlorids in cm^3	113	113,35
Formel der Äthylverbindung	$\text{Es}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$	$\text{Ge}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$
Dichte der Äthylverbindung		
in $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	0,96	0,99
Siedetemperatur		
der Äthylverbindung in $^{\circ}\text{C}$	160	163
Sulfid	in Ammoniumsulfid löslich	bestätigt
Oxid	überwiegend saurer Charakter	bestätigt
Fluorid	EsF_4 ist im Gegensatz zu SiF_4 kein Gas	bestätigt

Auf technologischem Gebiet arbeitete *Winkler* vorzugsweise an der Schwefelsäureherstellung. Die neu entdeckten Teerfarbstoffsynthesen erforderten zur technischen



Durchführung große Mengen an konzentrierter und rauchender Schwefelsäure, von denen letztere damals nur in einem kleinen Betrieb in Böhmen hergestellt wurde. Außerdem verlangte die noch steigende Produktion an *Leblanc*-Soda mehr Schwefelsäure. Schon in seinen „Untersuchungen über die chemischen Vorgänge in den *Gay-Lussacschen* Kondensationsapparaten der Schwefelsäurefabriken“ beschäftigte sich *Winkler* mit dem Problem der großtechnischen Schwefelsäuresynthese. 1875 griff er die Arbeiten des Engländers *Philipps* aus dem Jahre 1831 auf und studierte die katalytische Oxydation des Schwefeldioxids zum Schwefeltrioxid. Ähnliche Versuche hatten vor ihm bereits *Wöhler* und *Doebereiner* unternommen. *Winkler* gelang es, diese Experimente in die technische Großproduktion zu übertragen. Seit dem Jahre 1879 arbeiteten die Muldenhütten nach seinem Verfahren. Er benutzte Platinasbest als Katalysator und verwendete Schwefeldioxid und den Sauerstoff der Luft in stöchiometrischen Verhältnissen. Während er im Laboratoriumsmaßstab Schwefeltrioxidausbeuten bis zu 78% erzielen konnte, lagen die Ergebnisse im technischen Maßstab ungünstiger. Erst durch die Arbeiten von *Knietsch* gelang es, das Kontakverfahren ökonomisch günstiger zu gestalten.

Winkler hielt im Jahre 1900 vor der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker einen zusammenfassenden Vortrag über die Schwefelsäuresynthese, in dem er die Ergebnisse *Knietschs* voll würdigte.

Winkler hinterließ 125 Arbeiten aus eigener Feder, die nur selten einen Mitarbeiter nennen. Er hielt es für erforderlich, für seine Arbeiten stets mit seinem Namen zu bürgen.

Winkler zählte zu den Prsönlichkeiten, welche das gute Erbe der wissenschaftlichen Traditionen unseres Vaterlandes pflegten und repräsentierten. Zu unrecht wurde er oft für einen konservativen Vertreter der beschreibenden oder mineralogisch ausgerichteten Chemie gehalten. Er gehörte vielmehr zu jenem progressiven Teil der deutschen Naturwissenschaftler, die in weiser Vorausschau die technischen Konsequenzen aus ihren Forschungsergebnissen zogen und fest an die Erkennbarkeit der materiellen Welt glaubten. In seinen „Mitteilungen über das Germanium“ schrieb *Winkler*: „Denn einen schlagenderen Beweis für die Richtigkeit der Lehre von der

Periodicität der Elemente als den, welchen die Verkörperung des bisher hypothetischen Ekasiliciums in sich schließt, kann es kaum geben, und er bildet in Wahrheit mehr, als die bloße Bestätigung einer kühn aufgestellten Theorie, er bedeutet eine eminente Erweiterung des chemischen Gesichtsfeldes, einen mächtigen Schritt ins Reich der Erkenntnis“ [111; S. 182/183].

Als die Hurrapatrioten der *Bismarckschen Ära* die Namensgebung „Germanium“ nationalistisch werten wollten, verwahrte sich *Winkler* dagegen in seinem Vortrag am 10. Mai 1886, indem er seine Rede mit folgenden Sätzen schloß: „Eine eigene Fügung hat das Germanium in der Reihe der Elemente neben das Gallium gestellt und friedlich werden dieselben nebeneinanderstehen in aller Zeit. Mag es Ihnen eine gewagte Variation des napoleonischen geflügelten Wortes erscheinen, bei Grundlegung eines etwas veränderten Sinnes ist es doch statthaft und zutreffend, wenn ich meine Mitteilungen mit dem Ausspruch schließe: ‚Die Wissenschaft ist der Friede‘.“ [112; S. 636].

Die Deutsche Demokratische Republik ehrte *Clemens Winkler* nicht zuletzt dadurch, daß sie 1954 die *Clemens-Winkler-Medaille* stiftete, die für besondere Leistungen auf dem Gebiet der anorganischen Chemie verliehen wird.

Rudolf Theophil Knietsch wurde am 13. Dezember 1854 in Oppeln als Sohn eines Schmiedes geboren. Er konnte auf Grund wirtschaftlicher Schwierigkeiten der Eltern das Gymnasium nur kurze Zeit besuchen, erlernte dann den Beruf eines Schlossers und arbeitete als Schlosser und Lokomotivheizer bei der Eisenbahn. An den Gewerbeschulen in Brieg und Gleiwitz erweiterte er seine Kenntnisse und studierte schließlich Chemie an der Gewerbeakademie in Berlin, wo *Rammelsberg* und *Liebermann* seine Lehrer waren. Da die Gewerbeakademie, die spätere Technische Hochschule, noch kein Promotionsrecht besaß, promovierte er an der Universität Jena.

In den Jahren 1880 bis 1884 arbeitete *Knietsch* als Universitätsassistent und in verschiedenen Industriebetrieben.

1884 stellte ihn die Badische Anilin- und Soda-fabrik an, in der er bis zu seinem Tode am 28. Mai 1906 wirkte.

Er vereinte in sich das Wissen eines Chemikers mit dem Können eines Technikers

und war daher imstande, die chemische wie auch die apparative Seite seiner Verfahren selbst zu entwickeln. *Knietzsch* erwarb sich große Verdienste um die Entwicklung der chemischen Verfahrenstechnik, die im Interesse der menschlichen Gesellschaft lag. Er arbeitete unter kapitalistischen Verhältnissen, und so eigneten sich die Aktionäre der BASF die Ergebnisse seiner Arbeiten an. Diese erkannten die große Bedeutung der wissenschaftlich-technischen Arbeiten *Knietzschs* für die Entwicklung ihres Betriebes und die Steigerung ihrer Profite und ernannten ihn im Jahre 1904 sogar zum Direktor der BASF. Mit dieser höheren Verantwortung wuchs auch *Knietzschs* Abhängigkeit vom Stammbetrieb des später gegründeten IG-Farben-Konzerns.

Die bedeutendsten Leistungen *Rudolf Knietzschs* sind die Chlorverflüssigung, seine Arbeiten zum Kontaktverfahren und seine Beiträge zur Indigosynthese.

Chlor war in der BASF in großen Mengen aus der Abfallsalzsäure zu gewinnen und in der Produktion zu verarbeiten, es fehlte aber an einer Möglichkeit, Chlor großtechnisch zu verflüssigen, da es Dichtungen, Ventile und bewegliche Teile der Pumpen angriff. Im Jahre 1888 erkannte *Knietzsch*, daß komprimiertes wasserfreies Chlor Eisen nicht angreift. Er baute Kompressoren, deren Kolben in Petroleum liefen und konnte auf diesem Wege wasserfreies Chlor verflüssigen. Die Aktionäre der BASF und der später mit diesem Betrieb verbundenen Werke mißbrauchten im Verein mit den deutschen Militaristen diese technische Erfindung. Sie lieferten die mit Chlor gefüllten Gasflaschen, mit denen im Jahre 1915 die deutsche Armee als erste die internationalen Abkommen verletzte und die verbrecherische chemische Kriegsführung begann.

Knietzsch untersuchte besonders die Vergiftung der Platinkontakte und die Möglichkeiten zur Steigerung der Ausbeute an Schwefeltrioxid. Beide Probleme waren im wesentlichen noch ungeklärt und beeinträchtigten die technische Durchführung und die ökonomischen Ergebnisse des Kontaktverfahrens. *Knietzsch* erkannte das Arsen als das gefährlichste Kontaktgift für Platin, das damals fast ausnahmslos als Katalysator bei der Schwefeltrioxidsynthese verwendet wurde, und arbeitete die Methoden zur Reinigung der Röstgase aus.



C. M. Guldberg und P. Waage
stellten 1867
das Massenwirkungsgesetz auf

Entscheidend für eine höhere Ausbeute waren seine Untersuchungen des chemischen Gleichgewichtes zwischen Schwefeldioxid, Sauerstoff und Schwefeltrioxid. Dabei wandte er das bereits 1867 von den Norwegern *Guldberg* und *Waage* gefundene Massenwirkungsgesetz auf den katalytischen Vorgang an und erkannte, daß optimale Ausbeuten nicht mit den stöchiometrischen Verhältnissen des Schwefeldioxids und des Sauerstoffs erzielt werden können, sondern daß Sauerstoffüberschuß wesentlich günstigere Ausbeuten ergibt. *Knietzsch* untersuchte gründlich die Reaktionsgeschwindigkeiten der Bildungs- und Zerfallsreaktion des Schwefeltrioxids und fand auf diesem Wege die günstigsten Temperaturen und die vorteilhafteste Verweilzeit der Reaktionspartner im Kontaktöfen. Seine Erkenntnisse verwendete *Knietzsch* als Grundlage für die Konstruktion des Röhrenkontaktöfens.

Knietzsch untersuchte auch die letzte Phase des Kontaktverfahrens, die Aufarbeitung des Schwefeltrioxids. Er beschäftigte sich gründlich mit den physikalischen Eigenschaften von Schwefelsäuren unterschiedlichen Schwefeltrioxidgehaltes und stellte die gefundenen Daten in Diagrammen grafisch dar. Seine Erkenntnisse waren die Grundlage für die Herstellung des Oleums durch Lösen von Schwefeltrioxid in konzentrierter Schwefelsäure. Dieses Verfahren führte *Knietzsch* in die technische Schwefelsäuresynthese ein. Die technologischen Probleme katalytischer Prozesse, die *Knietzsch* erarbeitete, wurden besonders von *Haber* und *Bosch* bei der Ausarbeitung der großtechnischen Ammoniaksynthese genutzt.

Fritz Haber · Carl Bosch

Die Entwicklung der Ammoniaksynthese, dieser großen wissenschaftlichen Leistung der beiden Chemiker *Fritz Haber* und *Carl Bosch*, fiel in eine Zeit, die gekennzeichnet war durch sichtbare Monopolisierungs- und Konzentrationsbestrebungen in der gesamten Industrie und Finanzwirtschaft und durch eine politische Aktivität um die Neuaufteilung der Welt. Der Krieg wurde als notwendiges Mittel der Politik gepriesen, und die imperialistische und chauvinistische Propaganda erreichte einen Höhepunkt. Die monopolisierte chemische Industrie gehörte zu denjenigen führen-



den Industriezweigen, die maßgeblich die Politik des imperialistischen Deutschlands bestimmten. Das wirkte sich auch auf die Wissenschaftler aus, die ihr Wissen und ihre Fähigkeiten in den Dienst der Chemiekonzerne stellen mußten und oft eine zwiespältige Haltung einnahmen, weil sie ihre eigenen bürgerlichen Klassenschranken nicht überwinden konnten.

Fritz Haber, geboren am 9. Dezember 1868 als Sohn eines wohlhabenden jüdischen Kaufmanns in Breslau, studierte an den Universitäten Berlin, Breslau und Heidelberg Chemie. An der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg setzte er seine Studien fort und promovierte im Jahre 1891 bei *C. Liebermann* an der Universität Berlin.

Frühzeitig interessierte er sich für technologische und physikalisch-chemische Probleme. Die physikalische Chemie war zu Beginn seiner Studienzeit eine noch junge Fachrichtung. Erst im Jahre 1887 wurde die „Zeitschrift für Physikalische Chemie“ von *W. Ostwald* und *J. H. van't Hoff* gegründet. Damals setzten die Untersuchungen über Reaktionskinetik, chemische Thermodynamik und katalytische Prozesse erst ein. Sie waren für die Entwicklung neuer technischer Verfahren und eine neue Einschätzung der chemischen Technologie überhaupt ausschlaggebend. Die Vorlesungen *Bunsens* in Heidelberg und *Hofmanns* in Berlin konnten *Haber* für die Bearbeitung solcher neuen Probleme nur wenig anregen und seine Lehrer, noch im konservativen Sinne wirkend, rieten ihm von wissenschaftlichem Neuland ab.

Haber arbeitete vorerst als Chemiker in verschiedenen Fabriken, studierte zwischen-durch ein Semester in Zürich bei *Lunge*, um seine technologischen Kenntnisse zu erweitern, und ging nach kurzer Tätigkeit im väterlichen Geschäft nach Jena zu *Knorr*, um sich nochmals mit präparativer Chemie zu beschäftigen.

Im Jahre 1894 wurde *Haber* an der Technischen Hochschule in Karlsruhe Assistent bei *Bunte*, dessen Arbeiten über Gase seine spätere Arbeitsrichtung bestimmten.

Bereits 1898 erschien sein „Grundriß der technischen Elektrochemie“, eine Abhandlung, die offenbarte, daß der junge Wissenschaftler neue und ausgedehnte Wissenschaftsgebiete erstaunlich gut beherrschte.

Im Jahre 1896 habilitierte sich *Haber* an der Technischen Hochschule in Karlsruhe

und 1905 veröffentlichte er seine Arbeit „Thermodynamik technischer Gasreaktionen“. Ein Jahr später trat er dort die Nachfolge von *Le Blanc* als Professor für physikalische Chemie an.

Die Jahre 1896 bis 1911 in Karlsruhe bezeichnete *Haber* später als seine wissenschaftlich fruchtbarsten. Während dieser Zeit arbeitete er auch die physikalisch-chemischen Grundlagen für die großtechnische Ammoniaksynthese aus. Für diese wissenschaftliche Leistung wurde ihm im Jahre 1918 der Nobelpreis für Chemie verliehen.

1911 wurde *Haber* nach Berlin als Direktor des Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie der neu gegründeten Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft berufen. Er übernahm die Leitung dieses Instituts auf Vorschlag des Bankiers *Koppel*, der es gestiftet hatte. Wie andere Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft sollte dieses und auch das kurz vor Ausbruch des ersten Weltkrieges gegründete Kohleforschungsinstitut eine verstärkte Grundlagenforschung betreiben, deren Zielsetzung von den Interessen der Monopole bestimmt wurde, wobei im Institut für physikalische Chemie sehr bald die gesamte Forschung im Dienst der imperialistischen Kriegspolitik stand.

Die seit Jahrzehnten währende chauvinistische Propaganda der deutschen Kapitalisten, Junker und Militaristen wirkte sich auf die Einstellung großer Teile des deutschen Volkes zum imperialistischen Krieg verhängnisvoll aus. Unter dem Einfluß der Revisionisten in der Arbeiterbewegung konnten sogar die nationalen Gefühle vieler Arbeiter mißbraucht werden. Fest verwurzelt in der großbürgerlich-nationalistischen Anschauung sah es *Haber* als eine notwendige Aufgabe des Wissenschaftlers an, seine Fähigkeiten während des ersten Weltkrieges „dem Vaterland zur Verfügung zu stellen“.

Seinen Vaterlandsbegriff hatte der deutsche Imperialismus geprägt, und so stellte *Haber* seine wissenschaftlichen Fähigkeiten ohne Bedenken in den Dienst des preußisch-deutschen Generalstabes, der die Bedeutung der Chemie für Kriegszwecke erkannt hat. *Haber* war maßgeblich an der Entwicklung und Durchführung des verbrecherischen Gaskrieges im ersten Weltkrieg beteiligt. Im Jahre 1916 erhielt er die

Georg Lunge, 1839 bis 1923,
Chemiker und Technologe,
Herausgeber bedeutender Handbücher,
Lehrer von Haber in Zürich



Befugnis, in der chemischen Abteilung im Kriegsministerium technische Fragen zu entscheiden. Er war stolz, als Jude Eingang in höchste Kreise des junkerlich-militaristischen Deutschland gefunden zu haben.

Habers Einsatz für den Gaskampf brachte es mit sich, daß er im gleichen Jahre, in dem er den verdienten Nobelpreis erhielt, auf die Liste der an die Alliierten auszuliefernden Kriegsverbrecher gestellt wurde.

Nach dem ersten Weltkrieg war *Haber* wie viele seiner Fachkollegen bemüht, das durch den Krieg in Verruf geratene Ansehen der deutschen Wissenschaft und der Wissenschaftler wiederherzustellen. Eine Weltreise in den Jahren 1924/25 diente speziell diesem Zweck; *Habers* besonderes Anliegen waren enge Kontakte mit Japan, wobei er – wiederum als Folge seiner imperialistischen Einstellung – die Vormachtstellung Deutschlands und Japans als Erhalter der Kultur betonte.

Das Institut für physikalische Chemie in Dahlem wurde nach dem Kriege bald wieder eine Stätte intensiver Forschung. *Haber* trat in dieser Zeit mit eigenen Arbeiten nicht mehr hervor, er wurde immer mehr Organisator wissenschaftlicher Tätigkeit.

Eines seiner letzten Projekte war die Gewinnung von Gold aus dem Meerwasser, mit dem er helfen wollte, die Reparationsschulden Deutschlands zu tilgen.

Im Jahre 1933 trat *Haber* als Direktor des Instituts zurück und traf damit erstmalig nach langen Jahren der aktiven Unterstützung des deutschen Imperialismus eine Entscheidung, mit der er sich von diesem, als er seine gefährlichste Form angenommen hatte, distanzierte. Als Gründe für das Rücktrittsgesuch gab *Haber* an, daß er seine Tradition, die wissenschaftlichen Mitarbeiter nicht nach rassischen Grundsätzen, sondern nur nach fachlicher und charakterlicher Qualität auszuwählen, nicht verlassen könne. *Haber* erkannte wohl das Wesen des deutschen Faschismus, seine kultur- und menschenfeindliche Politik, jedoch nicht die Rolle des deutschen Monopolkapitals, das dem Faschismus zur Macht verholfen hatte. Ausdruck seiner Verachtung vor dem faschistischen Deutschland und seiner Enttäuschung über die politische Entwicklung war seine Emigration zuerst nach England und dann in die Schweiz.

Am 29. Januar 1934 verstarb er in Basel.

Forderung des
Vereins Deutscher
Chemiker an
seine Mitglieder,
der Trauerfeier
für Fritz Haber
fernzubleiben

Gemäß Verfügung des Präsidenten der RFA, Herrn Dr. Ing. Todt ist die Teilnahme an der Gedächtnisfeier für Fritz Haber am 29. Januar 1935 im Harnackhaus allen Mitgliedern des Vereins deutscher Chemiker e. V. untersagt.

Berlin, den 25. Januar 1935

Verein deutscher Chemiker e. V.

Ein Jahr nach seinem Tode wollte die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft für Haber eine Gedenkfeier veranstalten. Der damalige „Führer der Technik“ verbot den ihm unterstehenden Institutionen jedoch die Teilnahme an dieser Feier; den Bemühungen Max Plancks ist es zu verdanken, daß diese Feier dennoch stattfinden konnte, jedoch mußten die Namen der Teilnehmer dem faschistischen Erziehungsminister gemeldet werden.

Unter dem Deckmantel der „Wiedergutmachung“ wird heute Habers Name von den reaktionären Kräften in Westdeutschland, die einen dritten Weltkrieg vorbereiten, mißbraucht, indem sie ihn als den „Vater der chemischen Kriegsführung“ hervorheben. Diese „Würdigung“ ist ebenso wie der unter den damaligen historischen Bedingungen entstandene Beitrag Habers zur chemischen Kriegsführung zu verurteilen. Entscheidend für den Fortschritt der Produktivkräfte im Interesse der Gesellschaft waren nicht diese Arbeiten und die nationalistischen Anschauungen Habers, sondern seine Beiträge zur Entwicklung der physikalischen Chemie und zur Ammoniaksynthese, die zum Bestandteil der fortschrittlichen Traditionen der deutschen Wissenschaftler gehören.

Carl Bosch wurde als Sohn eines kleinen Unternehmers am 27. August 1874 in Köln geboren. Bosch sollte nach dem Willen seines Vaters nicht Chemie, sondern Metallurgie und Maschinenbau studieren. Er begann in einer schlesischen Hütte die Lehre in allen Zweigen der Metallurgie und danach, 1894, das Studium an der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg. Bald gewann die Vorliebe für die Chemie wieder die Oberhand, und neben den Vorlesungen des Studienfaches besuchte er solche in anorganischer, organischer und technischer Chemie. Bosch interessierte sich besonders für die physikalische Chemie und ging 1896 zu ihrem neu entstandenen Zentrum nach Leipzig. Dort promovierte er 1898 bei Wilsleben mit einer Arbeit aus der organischen Chemie. Nach kurzer Assistenzzeit wurde Bosch 1899 Chemiker bei der Badischen Anilin- und Soda-fabrik (BASF) in Ludwigshafen.

Dort stellte ihm Knietsch die Aufgabe, das von Wilhelm Ostwald der BASF angebotene Verfahren zur katalytischen Ammoniakherstellung aus Stickstoff und Wasserstoff mit Eisen als Katalysator zu überprüfen. Bosch wies nach, daß Ostwalds Ver-

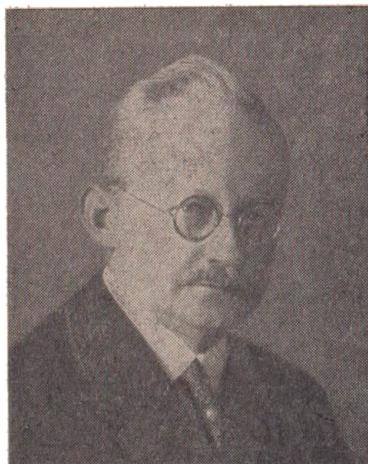


fahren von falschen experimentellen Beobachtungen ausging. Er beschäftigte sich anschließend weiter im Auftrage der BASF mit der Synthese von Stickstoffverbindungen und arbeitete dabei mit *Mittasch* zusammen. In den Jahren 1908 bis 1913 entwickelte *Bosch* auf der Grundlage der Patente *Habers*, die nun die BASF besaß, die technischen Grundlagen für die Ammoniaksynthese. Nach dem ersten Weltkrieg arbeitete er an der großtechnischen Hochdruckhydrierung der Kohle nach *Bergius*. Gemeinsam mit *Bergius* erhielt er im Jahre 1931 den Nobelpreis für Chemie „als Anerkennung seiner Verdienste um die Entstehung und Entwicklung chemischer Hochdruckmethoden“.

Bosch trat in der Geschichte der chemischen Industrie jedoch nicht nur als Chemiker hervor, der bedeutende wissenschaftlich-technische Grundlagen für großtechnische Verfahren ausarbeitete, sondern er hatte auch maßgeblichen Einfluß auf die Bildung des IG-Farben-Konzerns im Jahre 1925 und die Erweiterung dessen industriellen Potentials.

Im Jahre 1911 wurde er Prokurist der BASF, die inzwischen zusammen mit den Farbenfabriken Bayer-Leverkusen und der AGFA-Berlin zu einer Vorstufe für die spätere Gründung des IG-Farben-Konzerns verbunden war. 1916 wurde er ordentliches Vorstandsmitglied der BASF. Damals begannen die ersten Verhandlungen zur weiteren Monopolisierung der deutschen chemischen Industrie. Am 18. August 1916 wurde die „Interessengemeinschaft der deutschen Teerfarbenindustrie“ gegründet, die in ihrer gesamten Struktur die größte Machtkonzentration der deutschen Industrie darstellte. Im ersten Weltkrieg wurde *Bosch* ein bedeutender Vertreter der chemischen Industrie. Er erkannte deutlich deren Perspektiven unter den Bedingungen des Imperialismus, besonders auf dem Sektor der synthetischen Düngemittel. Nach der Niederlage des deutschen Imperialismus im ersten Weltkrieg bemühte sich *Bosch*, die Macht der monopolistischen chemischen Industrie zu festigen und zu erweitern.

Er gehörte im Jahre 1919 bei den Versailler Verhandlungen der deutschen Delegation als Fachberater für die chemische Industrie an und setzte sich, ohne die übrigen Delegationsmitglieder zu befragen, mit Vertretern der französischen chemischen Industrie in Verbindung. Ihnen überließ er großzügig alle Unterlagen zum Aufbau



Alwin Mittasch, 1869 bis 1950,
Mitarbeiter der BASF,
arbeitete auf dem Gebiet der heterogenen Katalyse

einer „eigenen Stickstoffindustrie“, die natürlich eng mit der deutschen chemischen Industrie zusammenarbeiten sollte. Mit dieser Maßnahme dokumentierte *Bosch* den antinationalen Charakter des Imperialismus, der, wenn es um Profite geht, selbst die von ihm propagierte „Nationale Würde“ mißachtete. *Boschs* Verhandlungen mit französischen Industriellen waren der erste Schritt der deutschen Chemie-Monopolisten nach dem ersten Weltkrieg zur Vorherrschaft in der Welt auf dem Gebiet der chemischen Industrie. Weitere folgten, nachdem im Jahre 1925 der IG-Farben-Konzern gegründet wurde, dessen Vorstand *Bosch* von dieser Zeit an vorsaß.

Das Kapital der IG-Farben wuchs in der Weimarer Zeit, ebenso wie das der anderen Monopolistenverbände in Deutschland beträchtlich an, und damit verstärkte sich auch die Macht und das Bestreben dieses Konzerns, die seit langem geplante Neuauflistung der Welt mit Gewalt durchzusetzen. Als Repräsentant der IG-Farben gab *Bosch* die Einwilligung dieses Konzerns, die deutschen Faschisten finanziell zu unterstützen. Unter seiner Führung wurden die IG-Farben Repräsentant der Entwicklung zum staatsmonopolistischen Kapitalismus in Deutschland. Folgerichtig vertrat *Bosch* die Wünsche dieses Konzerns, dessen Werke ein bedeutender Teil des faschistischen Rüstungspotentials waren. Bereitwillig nahm *Bosch* die Ehrungen von den deutschen Faschisten entgegen. Am 26. April 1940 starb er in Heidelberg.

Bosch mußte seine bedeutende wissenschaftliche Arbeit zur Lösung des Stickstoffproblems auf Grund der gegebenen historischen Situation in Abhängigkeit von den kapitalistischen Unternehmen aufnehmen. Bald darauf stellte er seine wissenschaftlichen und kommerziellen Fähigkeiten bewußt in den Dienst des deutschen Imperialismus. *Boschs* Leben unterstreicht die zwiespältige Rolle der Chemie und vieler Chemiker unter den Bedingungen der Herrschaft des Imperialismus: Er widersprach durch seine Arbeit den elementarsten Lebensinteressen des Volkes, zugleich förderte er aber auch die Entwicklung der Produktivkräfte im Interesse des Fortschritts der Menschheit.

Haber und *Bosch* lösten gemeinsam mit anderen Chemikern das Stickstoffproblem, das mit dem Wachstum der Bevölkerung im 19. Jahrhundert aktuell wurde. Als um die Jahrhundertwende der Kapitalismus sein imperialistisches Stadium erreicht

hatte, drängte besonders in Deutschland eine baldige Lösung dieser Aufgabe. Der gesellschaftliche Inhalt des Stickstoffproblems bestand einmal darin, die Ernährung einer stark gewachsenen Bevölkerung durch den größeren Einsatz von Stickstoffdüngemitteln in der Landwirtschaft zu sichern, zum anderen jedoch bei kriegerischen Auseinandersetzungen den Munitionsbedarf zu decken. Letzterer Aspekt interessierte besonders den aggressiven deutschen Imperialismus in seinen Bestrebungen um die Neuauflistung der Welt.

Die Entwicklung der Chemie und der chemischen Industrie war so weit fortgeschritten, daß das Stickstoffproblem auf der Rohstoffgrundlage des Luftstickstoffs bearbeitet und gelöst werden konnte. Dabei verdeckten die imperialistischen Bedingungen für diese Arbeiten die humanistische Seite des Problems, konnten sie aber nicht aufheben.

Um die Jahrhundertwende waren es die Norweger *Birkeland* und *Eyde*, die im elektrischen Lichtbogen die Vereinigung von Stickstoff und Sauerstoff erreichten, und die Deutschen *Frank* und *Caro*, die das Kalkstickstoffverfahren entwickelten. Beide Verfahren wurden großtechnisch eingeführt. In Deutschland arbeitete damals *Bosch* in der BASF am Lichtbogenverfahren, andere kapitalistische Betriebe nahmen die Produktion von Kalkstickstoff auf. Im Jahre 1908 wurde die von *Ostwald* entdeckte katalytische Oxydation des Ammoniaks in die Produktionspraxis eingeführt, ohne aber zunächst, auch wegen der hohen Kosten des Ammoniaks, grundlegende Bedeutung zu erlangen.

In der BASF wiesen auch die Arbeiten mit Katalysatoren zur Phthalsäuregewinnung und zur Produktion von Kontaktsschwefelsäure nach *Knietisch* eine Möglichkeit, nicht mittels teurer elektrischer Energie, sondern bei niedriger Temperatur mittels Katalysatoren Stickstoffverbindungen zu gewinnen.

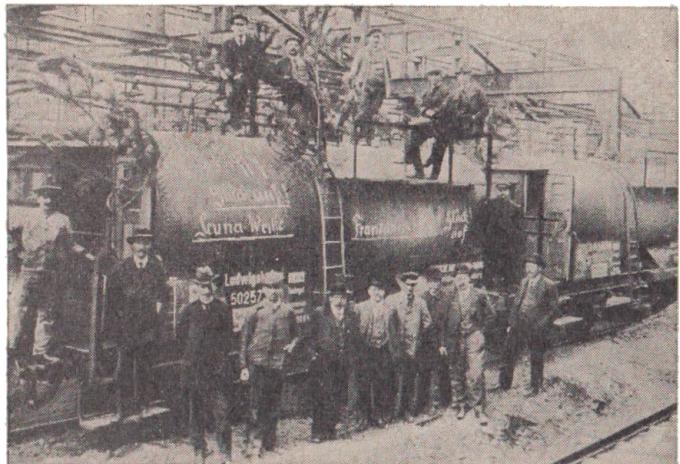
Versuche, über Bariumzyanid durch Verseifung Ammoniak zu gewinnen, wurden wegen der großen Kosten 1908 abgebrochen, ebenso Versuche mit anderen stickstoffhaltigen Metallverbindungen, die *A. Mittasch*, ein *Ostwaldschüler* und seit 1904 Mitarbeiter der BASF, durchführte. Erst die Ammoniaksynthese war der wesentlichste Beitrag zur Lösung des Stickstoffproblems.

Einige Jahre nach der Jahrhundertwende, als noch die Synthese des Ammoniaks aus den Elementen für unmöglich gehalten wurde, untersuchte *Haber* das Ammoniakgleichgewicht und kam, aufbauend auf seinen seit 1896 betriebenen thermodynamischen Überlegungen, zu der Ansicht, daß diese Synthese möglich sei. Er arbeitete zunächst bei normalem Druck und verschiedenen Temperaturen und erhielt eine technisch unbedeutende Ammoniakausbeute. Zur gleichen Zeit wie *Haber* bearbeitete auch *Nernst* das Problem der Ammoniaksynthese, wandte dabei allerdings zunächst hohe Drücke an. Diese Untersuchungen dienten ihm als experimentelle Grundlage für seine theoretischen Arbeiten über die Thermodynamik, später führte er seine Versuche bei hohen Drücken und gesteigerten Temperaturen durch. Seine Erkenntnisse wurden aber von der chemischen Industrie noch nicht verwertet.

Haber griff die praktischen und theoretischen Anregungen *Nernsts* auf, untersuchte das Ammoniakgleichgewicht in Abhängigkeit von der Temperatur und vom Druck experimentell und berechnete das Ammoniakgleichgewicht für unterschiedliche Bedingungen. Technisch und ökonomisch aussichtsreich wurden diese Arbeiten aber erst, nachdem er das Kreislaufverfahren entwickelte. Ein daraufhin im Jahre 1908 eingereichtes Patent sicherte sich die BASF. Das Problem, die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Einstellung des Ammoniakgleichgewichtes zu erhöhen, blieb zunächst noch ungelöst. Gemeinsam mit *Le Rossignol* fand *Haber* nach langwierigen Versuchen schließlich in den Metallen Osmium und Uran die geeigneten Katalysatoren, die eine gute Ausbeute an Ammoniak gewährleisteten.

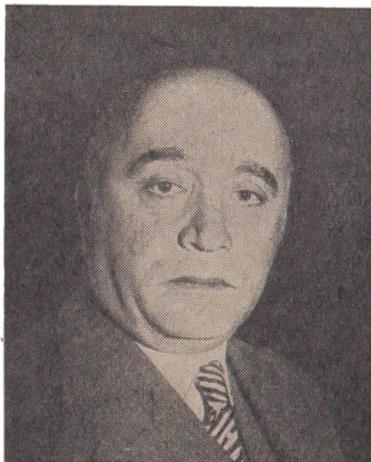
Nachdem nunmehr die chemisch-physikalischen Grundlagen der Ammoniaksynthese aus den Elementen geklärt waren und die erste befriedigende labortechnische Darstellung gelang, wurden in der BASF unter der Leitung *Boschs* die technischen Grundlagen geschaffen. Dabei entdeckte *Mittasch* die Mehrstoffkatalysatoren, und *Bosch* wählte die technisch günstigsten Bedingungen für die Ammoniaksynthese aus. *Bosch* löste auch das Problem, die großen Mengen an Wasserstoff und Stickstoff auf der Basis von Wasser, Luft und Steinkohlenkoks – der später durch Braunkohle ersetzt wurde – zu erzeugen. Die Konstruktion des Ammoniak-Kontaktofens ist ebenfalls sein Verdienst.

Erster Kesselwagen
mit Ammoniak
verläßt
das Ammoniakwerk
Merseburg 1917



Nachdem die BASF auch die Gasreinigung, die Konvertierung, die Meß- und Regelungstechnik und die vielen anderen chemisch-technischen Probleme bearbeitet hatte, wurde das *Haber-Bosch*-Verfahren in Oppau zum ersten Mal großtechnisch durchgeführt (1913). Mit der Entwicklung des *Haber-Bosch*-Verfahrens war eine hervorragende wissenschaftliche und technische Tat gelungen. Sie stellte deshalb einen großen Fortschritt dar, weil sie entscheidend dazu beitragen konnte, die landwirtschaftlichen Erträge zu steigern und weil sie die technische Grundlage für die Entwicklung weiterer bedeutender Hochdrucksynthesen (z. B. *Bergius*-Verfahren, Methanolsynthese) war.

Bevor jedoch diese fortschrittliche Seite der Ammoniaksynthese in Deutschland im Interesse des Volkes voll zur Geltung kam, vergingen noch Jahrzehnte. Im Besitz deutscher Monopolisten wurde das Verfahren vorzugsweise in den Dienst des Krieges gestellt, wobei es auch im ersten Weltkrieg das Stickstoffproblem nicht lösen konnte [113]. Seine militärische und wirtschaftliche Bedeutung erkannten die deutschen Imperialisten und Militaristen nicht sofort. Sie hatten den ersten Weltkrieg unter der militärischen Konzeption des *Schlieffen*-Planes vorbereitet und in ihrer maßlosen Überheblichkeit und in ihrer Unfähigkeit bei strategischen Entscheidungen das Stickstoffproblem im Kriegsfall unterschätzt, obwohl Deutschland noch im Jahre 1913 über die Hälfte des Stickstoffbedarfs durch Importe deckte. Bereits im Jahre 1914 wurde den deutschen Militaristen deutlich, daß die Stickstoffvorräte und die Kapazität der Stickstoffbetriebe nicht ausreichten, um den Munitionsbedarf und die Ernährung der Bevölkerung zu sichern. Die Fortsetzung des Krieges war für die deutschen Militaristen daher mit der Lösung des Stickstoffproblems unmittelbar verbunden. Hatten sie schon bei den wirtschaftlichen Kriegsvorbereitungen die Möglichkeiten der chemischen Industrie ungenügend beachtet, so erkannten sie jetzt noch nicht die volle Bedeutung des *Haber-Bosch*-Verfahrens für militärische Zwecke. Im Kampf um das Stickstoffgeschäft, der zwischen den Kapitalisten, die nach dem *Frank-Caro*-Verfahren produzieren ließen, und der BASF entfacht war, unterstützten sie zunächst vorzugsweise die ältere Technik. Erst Ende 1915 wurden sie von der Bedeutung der Ammoniaksynthese überzeugt und erteilten Anfang 1916 der BASF



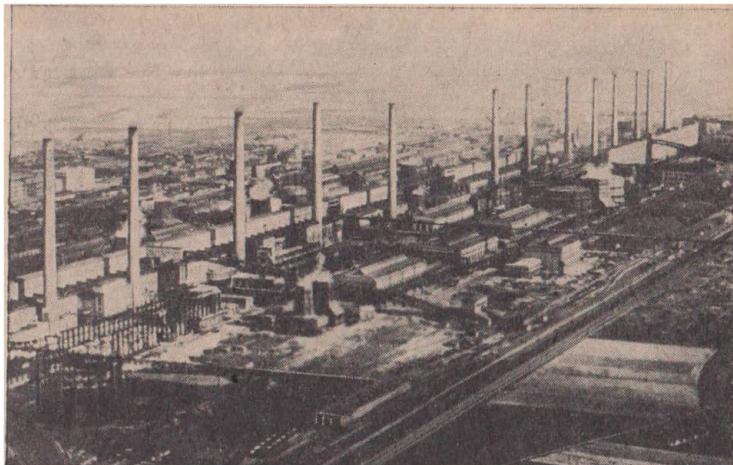
Friedrich Bergius, 1884 bis 1949,
Nobelpreis für Chemie
gemeinsam mit C. Bosch 1931
für Arbeiten zur Hochdruckhydrierung

einen Millionenauftrag. Mit staatlichen Zuschüssen und Hilfsmaßnahmen entstand unter *Boschs* maßgeblicher Leitung bis zum Jahre 1917 die Ammoniak-Syntheseanlage der Leunawerke.

Das erzeugte Ammoniak wurde sofort für die Sprengstoffherstellung verwendet, erst ein Jahr nach der unvermeidlichen Niederlage des deutschen Imperialismus stellte das Werk Ammonsulfat her. Mit dem Bau dieses Werkes begann auch der Kampf der Leuna-Arbeiter gegen die Aktionäre der BASF [114]. Es war ein Kampf um den rechtmäßigen Besitz der Produktionsmittel, die sie für deutsche Monopolisten schaffen mußten.

Die BASF, später der IG-Farben-Konzern, beherrschte nun den deutschen Stickstoffmarkt. Nachdem vorübergehend auf die Befriedigung des Stickstoffbedarfs für friedliche Zwecke ausgewichen werden mußte, sahen die Aktionäre der IG-Farben im zweiten Weltkrieg ein außerordentlich Profit einbringendes Geschäft. Während der Vorbereitung des zweiten Weltkrieges steigerte der Konzern die Stickstoffproduktion Deutschlands derartig, daß sie 1939/40 mit 1 Million Tonnen Stickstoff fast ein Drittel der Weltproduktion betrug. Alle ökonomischen Kriegsvorbereitungen konnten jedoch die Niederlage des deutschen Imperialismus im zweiten Weltkrieg nicht verhindern.

Nach dem ersten Weltkrieg interessierte sich der IG-Farben-Konzern auch für die großtechnische Synthese kettenförmiger Kohlenwasserstoffe. Bereits im Jahre 1913 hatte *Friedrich Bergius*, Privatdozent an der Technischen Hochschule Hannover, ein Patent auf die Herstellung von Benzin-Kohlenwasserstoffen durch Hydrierung von Kohle unter Druck erhalten und das Interesse auf die großtechnische Herstellung dieser Verbindungen gelenkt. *Mathias Pier*, ein Schüler *Nernsts*, hatte mit der Synthese von Methanol im Jahre 1923 die ersten Erfolge errungen, wobei er die wissenschaftlichen und technischen Erfahrungen bei der Ammoniaksynthese auswertete. Mit der größer gewordenen Einsicht in die Probleme der Hochdrucksynthese wollte er nun die katalytische Hydrierung von Kohle und Teer zu Kohlenwasserstoffen großtechnisch lösen. *Bosch*, der vor allem den militärischen Nutzen dieser Arbeiten erkannte, widmete sich diesem Projekt besonders und beauftragte einen seiner Ver-



trauten, den Chemiker *Karl Krauch* – nach seinen Worten „ein Mann, der Mumm in den Knochen hat“ –, mit der weiteren Bearbeitung dieses Problems.

Krauch, der bereits während des Aufbaus der Leunawerke die Pläne seiner kapitalistischen Auftraggeber mit außerordentlicher Härte den Arbeitern und anderen Werktätigen gegenüber durchgesetzt hatte, wurde die treibende Kraft bei der Entwicklung der Kraftstoffsynthese der IG-Farben. Er wurde auch ein fanatischer Faschist und nach der Machtergreifung der Nazis enger Berater von *Göring* in allen Fragen der Aufrüstung und Kriegsvorbereitung, die mit Chemie zusammenhingen.

Im Jahre 1927 wurde in Leuna die Produktion von Kraftstoffen aufgenommen, denn die Patente von *Bergius* waren in den Besitz der IG-Farben übergegangen. Die Reichsregierung hatte durch Einfuhrzölle auf Kraftstoffe den Absatz und den IG-Farben einen hohen Profit gesichert.

Die Kraftstoffproduktion durch Hochdruckhydrierung der Kohle und des Teers deckte im zweiten Weltkrieg den größten Teil des Kraftstoffbedarfs der faschistischen Wehrmacht. Erst durch die Kriegsvorbereitungen und durch die Kriegsführung wurde dieses Verfahren für die IG-Farben zu einem ihrer größten Geschäfte.

Nach der Niederlage des deutschen Imperialismus im zweiten Weltkrieg verfügten über das *Haber-Bosch*-Verfahren und die Hochdrucksynthese nach *Bergius* zum ersten Mal in der deutschen Geschichte in der Deutschen Demokratischen Republik die Kräfte, die rechtmäßige Eigentümer der Produktionsmittel sind. Die Arbeiter, Wissenschaftler und Techniker bauten unter sowjetischer Leitung den im Krieg schwer zerstörten Betrieb wieder auf, der heute als VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ unser größter Produktionsbetrieb ist [115].

Franz Fischer · Hans Tropsch

Die chemische Industrie in Deutschland stellte Ende der zwanziger Jahre beziehungsweise Anfang der fünfziger Jahre erstmalig synthetische Kraftstoffe auf der Basis von Kohle großtechnisch her. Dazu wurden die Hochdruckhydrierung nach *Bergius* und die Kohlenwasserstoffsynthese nach *Fischer-Tropsch* angewendet. Beide Syn-



Franz Fischer
1877 bis 1947

thesen waren bis 1945 Bestandteil der Kriegsproduktion des deutschen Imperialismus, der nach der Niederlage im ersten imperialistischen Weltkrieg seine Ansprüche auf die Weltherrschaft erneut geltend machte und sie im zweiten Weltkrieg verwirklichen wollte.

Franz Fischer wurde am 19. März 1877 zu Freiburg im Breisgau geboren. Er studierte in München, Freiburg und Gießen Chemie und ging nach dem Studium zuerst als Assistent zu *Moissan* nach Paris und dann zu *Wilhelm Ostwald* nach Leipzig. Anschließend arbeitete er ein Jahr bei *Emil Fischer* in Berlin und danach in Freiburg, wo er sich habilitierte und Privatdozent wurde.

Nach Berlin zu *Emil Fischer* zurückgekehrt, wurde *Franz Fischer* im Jahre 1908 Professor und 1911 ordentlicher Professor für Elektrochemie an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg.

1913 folgte er einem Ruf als Direktor an das Institut für Kohleforschung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft nach Mülheim a. d. Ruhr, das nach seinen maßgeblichen Vorschlägen erbaut wurde. Dort lernte er im Jahre 1916 *Hans Tropsch* kennen.

Hans Tropsch wurde am 9. Oktober 1889 in Plan in Böhmen (CSSR) geboren. Nach dem Chemiestudium in Prag (1907 bis 1913) promovierte er 1913 zum Dr.-Ing. und ging nach kurzer Tätigkeit in verschiedenen Industriebetrieben als Assistent zu *Franz Fischer* an das Kohleforschungsinstitut. Nach einer nochmaligen Tätigkeit in der Industrie kehrte er im Jahre 1920 zu *Fischer* zurück und blieb bis 1928 in Mülheim. In diesen Jahren wurden von *Fischer* und *Tropsch* die entscheidenden Arbeiten zur Kohlenwasserstoffsynthese geleistet, die 1925 abgeschlossen waren, aber erst neun Jahre darauf großtechnisch verwirklicht werden konnten.

1928 kehrte *Tropsch* in seine Heimat zurück und baute an der Universität Prag ein Institut für Kohleforschung auf, dessen Direktor er bis 1931 blieb. Er ging dann nach den USA, wo er in Chicago wissenschaftlicher Berater großer Erdölkonzerns wurde und gleichzeitig an der dortigen Universität lehrte. 1935 kehrte er nach Deutschland zurück, wo er von schwerer Krankheit Heilung suchen wollte. Kurz nach seiner Rückkehr verstarb er, erst 46jährig.

Bevor *Fischer* und *Tropsch* im Jahre 1922 ihre Versuche zur Kohlenmonoxidhydrie-

rung begannen, arbeiteten auf diesem Gebiet andere Chemiker. Im Jahre 1902 stellten *Sabatier* und *Senderens* aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff auf katalytischem Wege Methan und Wasser her, und im Jahre 1913 wurde in den Laboratorien der BASF unter Verwendung anderer Katalysatoren und erhöhtem Druck ein Gemisch von gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen und anderen organischen Verbindungen erhalten.

Fischer und *Tropsch* reduzierten später Kohlenmonoxid mit Wasserstoff ebenfalls bei hohem Druck (100 at), verwendeten aber alkalisch wirkende Eisenkatalysatoren. Sie erhielten ein kohlenwasserstoffarmes Produkt, das hauptsächlich aus Alkoholen, Ketonen und organischen Säuren bestand. Sie nannten es „Synthol“.

Beide Chemiker untersuchten nun den Synthol-Prozeß genauer, wobei sie besonders die Einflüsse unterschiedlicher Katalysatoren der Temperatur des Druckes auf die chemische Zusammensetzung des Reaktionsgemisches erforschten. Ihnen gelang es, die Reaktion zwischen Kohlenmonoxid und Wasserstoff durch den Einsatz von Mischkatalysatoren aus Eisenmetallen (Eisen, Kobalt, Nickel mit bestimmten Zusätzen), bei normalem Druck und geeigneten Temperaturen so zu führen, daß nur Kohlenwasserstoffe und Wasser als Reaktionsprodukte entstanden. Die Kohlenwasserstoffe setzten sich vorzugsweise aus Benzin- und Mittelölfractionen zusammen. Damit hatten *Fischer* und *Tropsch* die chemisch-physikalischen Grundlagen des Kogasin-Verfahrens erarbeitet.

Der IG-Farben-Konzern untersuchte etwa zur gleichen Zeit, zu der *Fischer* und *Tropsch* arbeiteten, die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen. Seine Chemiker und Techniker gingen von den Erfahrungen der Ammoniaksynthese aus und führten die Hochdruckhydrierung der Kohle, für die der Privatdozent an der Technischen Hochschule Hannover *Friedrich Bergius* im Jahre 1913 sein erstes Patent bekam, im Jahre 1927 großtechnisch durch.

Ging der IG-Farben-Konzern bei seiner Kraftstoffherstellung von der Braunkohle aus, so war für das Kogasin-Verfahren zunächst die Steinkohle der Ausgangsstoff. Deshalb interessierten sich auch bald die Zechenherren von der Ruhr für das Verfahren. In der „AG für Steinkohlenverflüssigung und Veredlung“ wurden die Vor-

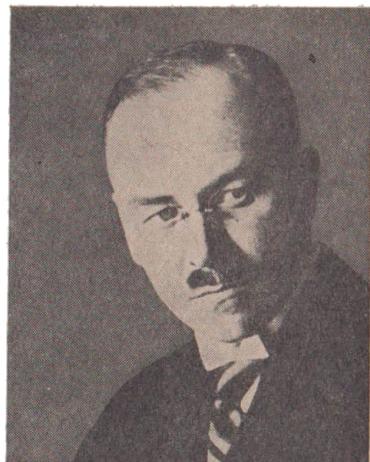
aussetzungen für die großtechnische Durchführung des Verfahrens geschaffen, und 1934 konnte die Produktion zunächst in mehreren Betrieben im Ruhrgebiet beginnen. Da an Stelle des Kokswassergases auch Wassergas aus Braunkohle als Synthesegas verwendet werden kann, entstanden später auch in der Nähe der mitteldeutschen Braunkohlevorkommen Betriebe, die nach dem Kogasin-Verfahren produzierten. Vom Abschluß der grundlegenden Arbeiten bis zur Aufnahme der Produktion vergingen neun Jahre. Das lag an der Suche nach geeigneten Katalysatoren, die vor allem giftfest sein mußten, und an der Weltwirtschaftskrise. Sie wirkte sich auch auf die Entwicklung neuer synthetischer Verfahren aus, deren Produkte wesentlich teurer waren als die entsprechenden Erzeugnisse aus Naturprodukten.

Die IG-Farben empfanden das *Fischer-Tropsch*-Verfahren als ernstzunehmende Konkurrenz. Erst nach Verhandlungen wurde ein Übereinkommen getroffen, das beider Interessen berücksichtigte. In den dreißiger Jahren arbeitete *Franz Fischer* gemeinsam mit *Helmut Pichler* die Mitteldrucksynthese der Kohlenwasserstoffe aus (1937). Sie verwendeten Eisenkatalysatoren, höhere Temperaturen und 10 at Druck. Das Verfahren wurde großtechnisch bedeutend.

Es konnte variabel geführt werden und Benzin mit hoher Oktanzahl, Dieselöl und Paraffin als Hauptprodukte liefern.

Fischer, der mit einer Arbeit über chemische Vorgänge im Akkumulator promoviert hatte, war vorzugsweise Physikochemiker, der in dem berühmten Laboratorium von *Wilhelm Ostwald* mit dem Problem der Katalyse vertraut wurde. Aufbauend auf den wissenschaftlichen Ergebnissen von *Ostwald*, *Sabatier*, *Senderens* und *Mittasch* bereicherte er das große Anwendungsgebiet der heterogenen Katalyse um neue Erkenntnisse.

Das Institut für Kohleforschung wurde durch die Arbeiten von *Fischer* und *Tropsch* in der ganzen Welt bekannt. In den zwölf Bänden „Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle“ (1917 bis 1937) sind die Arbeiten zur Kraftstoffsynthese und andere Arbeiten zur Kohleverwertung zusammengefaßt. Seit dem Jahre 1920 gab *Fischer* auch noch die Zeitschrift „Brennstoff-Chemie“ heraus, die in der chemischen Fachliteratur ebenfalls einen bedeutenden Platz einnimmt.



Über drei Jahrzehnte war *Fischer* Direktor des Mülheimer Instituts. Im Jahre 1944 trat er in den Ruhestand und verstarb am 1. Dezember 1947 in München.

Franz Fischer und *Hans Tropsch* sahen ihre große Aufgabe darin, neue Rohstoffquellen zu erschließen und Wege zu finden, die vorhandenen besser zu nutzen. Wenn man bedenkt, daß im Gegensatz zur Verwendung der Kohle als Brennstoff, wobei diese zu 15 % genutzt wird, bei der Hydrierung eine fast 90%ige Nutzung möglich ist, dann sieht man den großen ökonomischen Nutzen dieses Verfahrens. Die Kohlenwasserstoffsynthese nach *Fischer-Tropsch* war eine großartige wissenschaftlich-technische Leistung. Die Ausarbeitung des Kogasin-Verfahrens entsprach der Produktion des Kraftfahrzeug- und Flugzeugbaues und der Umstellung der Schiffe von Kohle auf Ölbetrieb, eine Entwicklung, die seit 1914 ständig fortschritt. Es waren aber weniger friedliche Bedürfnisse, die dieses Verfahren gemeinsam mit dem *Bergius*-Verfahren befriedigen sollte, sondern vorzugsweise kapitalistische und militaristische Bedürfnisse.

Die Niederlage im ersten imperialistischen Weltkrieg ließ die deutschen Monopolisten nicht ruhen; so schnell wie möglich wollten sie ihre Machtstellung in der Welt nicht nur wiedererlangen, sondern auch noch festigen und erweitern. Hatten diese Imperialisten bereits den kaiserlichen Militärs vorgeworfen, sie unterschätzten die Rolle der Chemie im modernen Krieg, so gingen sie nach dem Krieg zielbewußt daran, die „deutsche Chemie“ in Forschung und Praxis auf einen neuen Weltkrieg vorzubereiten. Ein Schwerpunkt war dabei das Kraftstoffproblem. Bereits im ersten Weltkrieg zeichnete sich ab, daß ein motorisiertes Heer größere militärische Wirksamkeit besitzt. Eben darauf kam es den deutschen Imperialisten an; sie wollten für ihre aggressiven Pläne die am besten ausgerüstete Armee Europas schaffen. Dazu mußte unter anderem genügend Kraftstoff bereitgestellt und im Kriegsfall produziert werden. Der für den deutschen Imperialismus einzig gangbare Weg war die Kraftstoffproduktion auf der Basis von Kohle, denn in Deutschland waren noch keine nennenswerten Erdölvorkommen erschlossen worden, und über die Erdölgelände in den anderen Ländern konnten die deutschen Kapitalisten nicht verfügen.

Die Machtergreifung der Faschisten und die von ihnen betriebene verstärkte

Rüstungspolitik bezog die chemische Industrie und Forschung in die Kriegsvorbe-
reitungen ein. Das *Fischer-Tropsch*-Verfahren schien in diesem Zusammenhang be-
sonders wertvoll, zeichneten sich doch die dadurch gewonnenen Kraftstoffe durch
einen hohen Alkengehalt aus, der die Qualität beträchtlich erhöhte und vor allem
die Produktion klopffesten Flugbenzins ermöglichte. Das Verfahren war damals
längst in den Besitz der Monopole übergegangen, die Ruhrchemie AG war der Nutz-
nießer und produzierte in den neuen großen Werken Benzin aus Stein- und Braunkohlen.

In den Jahren 1935 bis 1938 entstanden in Deutschland neun *Fischer-Tropsch*-An-
lagen, die jährlich insgesamt 600 000 Tonnen Kraftstoff, Schmieröle und andere
Syntheseprodukte erzeugen konnten. Zusammen mit den Anlagen, die Kohlen und
Teere hydrierten, verfügten die deutschen Monopolisten und Militaristen über eine
Jahreskapazität von rund 4 600 000 Tonnen synthetischer Kohlenwasserstoffe für
Kriegszwecke.

Literatur

- [1] *Walden, P.:* Geschichte der organischen Chemie. Berlin, 1942.
- [2] *Marx/Engels:* Die deutsche Ideologie. Dietz Verlag, Berlin, 1953.
- [3] *Marx/Engels:* Ausgewählte Schriften in zwei Bänden. Dietz Verlag, Berlin, 1953.
- [4] *Chemie gibt Brot – Wohlstand – Schönheit.* Herausgegeben vom ZK der SED, o. O., o. J.
- [5] *Engels, F.:* Dialektik der Natur. Dietz Verlag, Berlin, 1952.
- [6] *Lenin, W. I.:* Aus dem philosophischen Nachlaß. Dietz Verlag, Berlin, 1949.
- [7] *Unsere Regierung fördert die Intelligenz.* Berlin, 1953.
- [8] Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands. Dietz Verlag, Berlin, 1963.
- [9] Verfassung der Deutschen Demokratischen Republik. Staatsverlag, Berlin, 1974.
- [10] Bericht des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands an den VIII. Parteitag der SED. Dietz Verlag, Berlin, 1971.
- [11] Bericht des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands an den IX. Parteitag der SED. Berichterstatter Erich Honecker. Dietz Verlag, Berlin, 1976.
- [12] Von Cusanus bis Marx. VEB Bibliographisches Institut, Leipzig, 1965.
- [13] *Paracelsus:* Sämtliche Werke. Herausgegeben von K. Sudhoff, München, 1924.
- [14] *Boyle, R.:* zitiert nach G. Lockemann: Geschichte der Chemie. Bd. I, Berlin, 1950.
- [15] *Boyle, R.:* Der skeptische Chemiker. In: Ostwalds Klassiker, Nr. 229, Leipzig, 1929.
- [16] *Stahl, G. E.:* Zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit von dem sog. Sulphure. Halle, 1718.
- [17] *Lomonossow, M. W.:* Ausgewählte Schriften in zwei Bänden. Bd. I, Berlin, 1961.
- [18] *Lomonossow, M. W.:* Physikalisch-chemische Abhandlungen 1741 bis 1752. Leipzig, 1910.
- [19] *Speter, M.:* Lavoisier und seine Vorläufer. Stuttgart, 1910.
- [20] *Nordenskjöld:* C. W. Scheele, Nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen. Stockholm, 1892.
- [21] *Priestley, J.:* Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft. T. 2, Wien/Leipzig, 1779.
- [22] *Lavoisier, A. L.:* System der antiphlogistischen Chemie. Berlin, 1792.
- [23] *Marx/Engels:* Ausgewählte Schriften. Bd. 2, Dietz Verlag, Berlin, 1953.
- [24] nach Kopp: Geschichte der Chemie II, (dort-selbst im Originaltext!)
- [25] *Dalton, J.:* Über die Absorption der Gasarten durch Wasser. In: Ostwalds Klassiker Nr. 3, Leipzig, 1921.
- [26] *Dalton, J.:* A new system of chemical philosophy. In: Ostwalds Klassiker Nr. 3, Leipzig, 1921.
- [27] Ann. Chem. Phys. 40.
- [28] *Gay-Lussac, J.:* Das Volumengesetz gasförmiger Verbindungen. In: Ostwalds Klassiker Nr. 42, Leipzig, 1893.
- [29] *Poggendorffs Annalen* 1 (1824).
- [30] *Gay-Lussac, J.:* Untersuchungen über das Jod. In: Ostwalds Klassiker Nr. 4, Leipzig, 1889.
- [31] *Hjelt, Edvard:* Geschichte der organischen Chemie. Braunschweig, 1916.
- [32] *Kopp, H.:* Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit. München, 1873.
- [33] *Avogadro, A. und Ampère:* Die Grundlagen der Molekulartheorie. Ostwalds Klassiker Nr. 8, Leipzig, 1889.
- [34] *Nernst, W.:* Theoretische Chemie. 3. Auflage, Stuttgart, 1906.
- [35] Monographien aus der Geschichte der Chemie. VII, Leipzig, 1903.
- [36] *Schweigers Journal für Chemie und Physik*, 13 (1815).
- [37] *Poggendorffs Annalen* 19 (1830).

- [38] *Berzelius, J. J.*: Jahresbericht über den Fortschritt der physischen Wissenschaften, der Chemie und Mineralogie für 1834. Ins Deutsche übertragen von Friedrich Wöhler.
- [39] *Ostwalds Klassiker* Nr. 66, Leipzig, 1895.
- [40] *Schweiggers Journal für Chemie und Physik*, 63, (1831).
- [41] *Ostwalds Klassiker* Nr. 94, Leipzig, 1808.
- [42] *Prandtl, W.*: Deutsche Chemiker in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Weinheim, 1956.
- [43] *Mendelejew, D. I.*: Zwei Londoner Vorträge, 1895 (russ.).
- [44] *Meyer, L.*: Liebigs Annalen. Erg. Bd. VII.
- [45] *Mendelejew, D. I.*: Grundlagen der Chemie. 1891.
- [46] Aus Liebigs und Wöhlers Briefwechsel. Weinheim, 1958.
- [47] *Hofmann, A. W.*: Zur Erinnerung an vorangegangene Freunde. Bd. II, Braunschweig, 1888.
- [48] *Hofmann, A. W.*: Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft. 23 (1890).
- [49] Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft. 2 (1869).
- [50] *Berthelot, M.*: Die chemische Synthese (deutsche Ausgabe S. 247). Zitat nach: *W. N. Dawydooff*: Über die Entstehung der chemischen Strukturlehre. VEB Verlag Technik, Berlin, 1957.
- [51] *Liebigs Annalen der Chemie*, 106 (1859).
- [52] Zeitschrift für Chemie, 1867.
- [53] *Kekulé, A.*: Lehrbuch der organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenwasserstoffverbindungen. Erlangen, 1861.
- [54] *Anschütz, R.*: August Kekulé. Bd. II, Berlin, 1929.
- [55] nach *Dawydooff, W. N.*: Über die Entstehung der chemischen Strukturlehre. VEB Verlag Technik, Berlin, 1957.
- [56] *Butlerow, A. M.*: Ausgewählte Arbeiten auf dem Gebiet der organischen Chemie. 1951 (russ.).
- [57] *Marx-Engels*, Werke. Bd. 22, Berlin. 1963.
- [58] *Meyer, L.*: Liebigs Annalen. 139 (1886).
- [59] *Ladenburg, A.*: Vorträge zur Entwicklungsgeschichte der Chemie. Braunschweig, 1887.
- [60] *Schorlemmer, C.*: Der Ursprung und die Entwicklung der organischen Chemie. Braunschweig, 1889.
- [61] *Marx/Engels*: Briefwechsel. Bd. IV. Dietz Verlag, Berlin, 1950.
- [62] Deutsches Zentralarchiv, Abt. Merseburg, Rep. 76.
- [63] *Marx/Engels*: Briefwechsel. Bd. III, Dietz Verlag, Berlin, 1950.
- [64] Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft. 1 (1868).
- [65] *Hofmann, A. W.*: Einleitung in die moderne Chemie. Braunschweig, 1871.
- [66] *Engels, F.*: Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie. Verlag J. H. W. Dietz Nachf., Berlin, 1946.
- [67] *Fischer, E.*: Aus meinem Leben. Berlin, 1922.
- [68] Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 54 (1921).
- [69] *Kasanski, B. A.*: N. D. Selinski, ein hervorragender Vertreter der sowjetischen organischen Chemie. Verlag Kultur und Fortschritt, Berlin, 1952.
- [70] *Staudinger, H.*: Arbeitserinnerungen. Heidelberg, 1961.
- [71] *Anschütz, R.*: August Kekulé. Bd. II, Berlin, 1929.
- [72] *Staudinger, H.*: Vom Aufstand der technischen Sklaven. Essen, 1947.
- [73] Monatsberichte der Königlichen Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1859. Berlin, 1860.
- [74] Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft. 72 (1939).
- [75] *Kurylo, F.*: Ferdinand Braun. München, 1965.
- [76] *Ostwald, W.*: Über Katalyse. Nobelvortrag, 2. Auflage, Leipzig, 1911.
- [77] *Ostwald, W.*: Zeitschrift für physikalische Chemie. 15 (1894).
- [78] *Ostwald, W.*: Prinzipien der Chemie. Leipzig, 1907.
- [79] *Herneck, F.*: Wissenschaft contra Gottesglauben. Urania Verlag, Leipzig/Jena, 1960.
- [80] *Lenin, W. I.*: Materialismus und Empiriorkritizismus. Dietz Verlag, Berlin, 1949.
- [81] *Ostwald, W.*: Vorlesungen über Naturphilosophie, 2. Auflage, Leipzig, 1902.
- [82] *Arrhenius, S.*: Untersuchungen über die galvanische Leitfähigkeit der Elektrolyte. In: Ostwalds Klassiker Nr. 160, Leipzig, 1907.
- [83] *Ostwald, W.*: Lebenslinien. Berlin, 1926.
- [84] Zeitschrift der Wiener Akademie der Wissenschaften (1887).
- [85] Zeitschrift für physikalische Chemie. 1 (1887).
- [86] *Bjerrum, N.*: Zeitschrift Elektrochemie (1918).
- [87] *Debye, P.*, und *E. Hückel*: Physik. Zeitschrift von *van Laar, J. J.*: Zeitschrift für physikalische Chemie (1894, 1895).
- [88] *Arrhenius, S.*: Immunochemie. Leipzig, 1907.
- [89] *Arrhenius, S.*: Der Lebenslauf der Planeten. Leipzig, 1919.
- [90] *Walden, P.*: Geschichte der Chemie. Bonn, 1950.
- [91] Journal für prakt. Chemie. NF 15 (1877).
- [92] Sonderheft der Schriftenreihe Forschung – Lehre – Praxis. Internationales Symposium für Hochschulbildung, Moskau, 1962 (Berlin, 1963).
- [93] *Eucken-Wicke*: Grundriß der physikalischen Chemie. Leipzig, 1958.
- [94] *Nowak, A.*: Wissenschaft und Fortschritt 1967.
- [95] *Lenin, W. I.*: Marx-Engels-Marxismus. Dietz Verlag, Berlin, 1957.
- [96] *Skłodowska-Curie, M.*: Selbstbiographie. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1962.
- [97] *Curie, M.*: Pierre Curie. Springer Verlag, Wien, 1950.

- [99] *Joliot-Curie, F.*: Wissenschaft und Verantwortung. Ausgewählte Schriften, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1962.
- [100] *Joliot-Curie, F.*: Wissen und Gewissen. Berlin.
- [101] nach *Hartmann, H.*: Triumph der Idee. Union Verlag, Stuttgart, 1959.
- [102] *Mendelejew, D. I.*: Periodengesetz. Moskau 1958 (russ., S. 523). Zitiert in „Geschichte der Philosophie“, Bd. V, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1963.
- [103] *Lenin, W. I.*: Werke. Band 14, Dietz Verlag, Berlin, 1962.
- [104] Helmholtz-Medaille für Niels Bohr. Neues Deutschland, 7. Juli 1961.
- [105] *Tamm, I. J.*: Niels Bohr und die moderne Physik. Wissenschaft und Fortschritt, Heft 11, 13 (1963).
- [106] Angewandte Chemie. Ausgabe A, 59 1947.
- [107] Nachrichten aus Chemie und Technik. 2. Jahrgang, 1954.
- [108] *Pauling, L.*: Chemie, eine Einführung. Verlag Chemie, GMBH Weinheim/Bergstr., 1956.
- [109] *Pauling, L.*: Besondere Aufmerksamkeit den theoretischen Aspekten. Wissenschaft und Fortschritt, Heft 4, 13 (1963).
- [110] nach *Hundt, M.*: „... wegen unamerikanischen Verhaltens“. Zum Ultimatum der Hexenjäger an Prof. Linus Pauling. Forum, 34 (25. 8. 1960).
- [111] Journal für praktische Chemie, neue Folge Bd. 34, Leipzig, 1886.
- [112] Chemische Technik. Heft 12, 6 (1954).
- [113] *Stein, E.*: Salpeter für die Landwirtschaft und die IG. Herausgegeben vom Institut für Marxismus-Leninismus an der Technischen Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg (als Manuskript gedruckt), 1963.
- [114] Kämpfendes Leuna (1916 bis 1945). Verlag Tribüne, Berlin, 1961.
- [115] Befreites Leuna (1945 bis 1950). Verlag Tribüne, Berlin, 1959.

Personenverzeichnis

- Abegg, Richard* (1869 bis 1910) Prof. für physikalische Chemie an der technischen Hochschule in Breslau.
- Achard, Franz Karl* (1753 bis 1821) deutscher Chemiker; entwickelte die Zuckergewinnung aus Runkelrüben.
- Agricola, Georg* (1490 bis 1555) gilt als „Vater der Mineralogie“; suchte die ihm aus eigener Anschauung bekannte gewordenen Erfahrungen auf dem Gebiete des Bergbaues und der Hüttenkunde in wissenschaftlicher Form darzustellen.
- Ampère, André, Marie* (1775 bis 1836), französischer Physiker und Mathematiker.
- Arago, Dominique François* (1786 bis 1853) französischer Physiker; arbeitete über Optik und Elektrizität.
- Aristoteles* (384 bis 322 v. u. Z.) griechischer Philosoph.
- Arkwright, Richard* (1732 bis 1792) englischer Unternehmer; Erfinder und Erbauer verschiedener Spinnmaschinen.
- Arrhenius, Svante* (1859 bis 1927) Nobelpreis für Chemie 1903.
- Auer von Welsbach, Karl* (1858 bis 1929) österreichischer Chemiker; erfand das Gasglühlicht, pyrophore Legierungen und verbesserte die elektrische Metalffadenlampe.
- Avogadro, Amadeo* (1776 bis 1856) Prof. für mathematische Physik an der Universität Turin; begründete die Avogadrosche Hypothese und damit die moderne Molekulartheorie.
- Bacon, Francis* (1561 bis 1626) englischer Staatsmann und Philosoph; Empirist.
- Baeyer, Adolf v.* (1835 bis 1917) deutscher Chemiker; Nobelpreis für Chemie 1905, entdeckte Phthalein und Anthrachinonfarbstoffe; Prof. in Berlin und Straßburg, übernahm später den Liebigschen Lehrstuhl in München.
- Baekeland, Leo* (1863 bis 1944), belgischer Chemiker; lebte in den USA. Baekeland fand 1907 den ersten wärmehärtbaren Kunststoff Bakelit.
- Balard, A. Jérôme* (1802 bis 1876) französischer Chemiker; entdeckte das Brom.
- Barkla, Charles, G.* (1877 bis 1944), englischer Chemiker, Mitarbeiter von Rutherford und Moseley.
- Becquerel, Henry* (1852 bis 1908) französischer Physiker; Nobelpreis 1903; entdeckte die Radioaktivität an Uransalzen.
- Beilstein, Friedrich* (1838 bis 1906) Nachfolger Mendelejew in Petersburg; Begründer des Handbuchs der organischen Chemie.
- Beketow, Nikolai N.* (1826 bis 1911) russischer Chemiker; Prof. für Chemie in Charkow.
- Bergius, Friedrich* (1884 bis 1949) Nobelpreis für Chemie 1931; Erfinder der Hochdruckhydrierung (Bergius-Verfahren) zur Verflüssigung von Kohle durch Anlagerung von Wasserstoff.
- Bergman, Torbern* (1735 bis 1784) schwedischer Chemiker; Prof. für Chemie an der Universität Uppsala.
- Bernal, John Desmond* (1901 bis 1971) englischer marxistischer Naturwissenschaftler.
- Bernard, Claude* (1813 bis 1878) bedeutender französischer Physiologe.
- Berthelot, Marcellin* (1827 bis 1907).
- Berthold, Arnold Adolf* (1823 bis 1861) Mediziner, Arzt und Prof. in Göttingen.
- Berthollet, Claude Louis* (1748 bis 1822) französischer Chemiker; arbeitete über chemische Verwandtschaft und Massenwirkung.
- Bertsch, Heinrich* (geb. 1897) Prof. für chemische Technologie; Mitglied der AdW der DDR; Ehrenmitglied des Forschungsrates der DDR; Arbeitsgebiet: Grenzflächenaktive Stoffe, Waschmittel; Erfinder des Fewa.
- Berzelius, Jöns Jakob* (1779 bis 1848).
- Beyer, Hans* (1895 bis 1971) Professor für organische Chemie an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald; Nationalpreisträger.
- Bilkenroth, Georg* (geb. 1898) Prof., Mitglied der AdW der DDR, Nationalpreis 1951.

- Biot, Jean Baptiste* (1774 bis 1862) französischer Physiker; Zeitgenosse von *Gay-Lussac*.
- Bringuccio, Vannuccio* (1480 bis 1538).
- Birkeland, Christian* (1867 bis 1917) Mitbegründer des *Birkeland-Eyde*-Verfahrens; Prof. an der Universität Oslo.
- Bischof, Carl Gustav Christoph* (1792 bis 1870) Prof. für Chemie und Technologie an der Universität Bonn.
- Bjerrum, Niels* (1879 bis 1958) dänischer Chemiker; Prof. für physikalische Chemie in Kopenhagen.
- Bodenstein, E. A. Max* (1871 bis 1942) Physiko-Chemiker; Schüler von *Viktor Meyer*; Prof. an der TH Hannover und als Nachfolger von *Nernst* an der Berliner Universität.
- Boerhave, Herman* (1668 bis 1738) Arzt und Chemiker; Prof. der Chemic in Leyden; gehört neben *Stahl* zu den universellsten Gelehrten seiner Zeit.
- Bohr, Niels* (1885 bis 1962) Nobelpreis für Chemie 1922.
- Boltzmann, Ludwig* (1844 bis 1906) materialistischer Naturwissenschaftler, Gegner von *Mach* und *Ostwald*; Prof. für theoretische Physik in Wien.
- Boll-Dornberger, Katharina* (geb. 1909) em. Direktor des Instituts für Strukturforschung; Mitarbeiterin von *J. D. Bernal*; Nationalpreisträger.
- Born, Max* (1882 bis 1970) Prof. für Physik, Nobelpreis für Physik 1954.
- Borodin, Alexander* (1833 bis 1887) russischer Komponist, eigentlich Chemiker.
- Bosch, Carl* (1874 bis 1940) Nobelpreis für Chemie 1931.
- Boyle, Robert* (1627 bis 1691).
- Branconnot, Henry* (1780 bis 1854) französischer Chemiker und Botaniker.
- Braun, Ferdinand* (1850 bis 1918) Experimentalphysiker, Nobelpreis für Physik 1909; fand u. a. 1874 den Gleichrichtereffekt, die Grundlage der heutigen Transistortechnik, und 1897 die *Braunsche Röhre*.
- Brönsted, J. N.* (1879 bis 1947) dänischer Chemiker.
- Broglie, Louis de* (geb. 1892) französischer Physiker; Nobelpreis für Physik 1929; betrachtete als erster das Elektron als Welle.
- Breithaupt, Johann August Friedrich* (1791 bis 1873) Mineraloge in Freiberg (Sa.).
- Buch, Johann Casimir* (1778 bis 1851) praktischer Arzt in Frankfurt a. M.; Mitstifter der *Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* und des physikalischen Vereins.
- Büchner, Ludwig* (1824 bis 1899) Arzt und Philosoph; vertrat mit seinem Hauptwerk „*Kraft und Stoff*“ (1855) den vulgären philosophischen Materialismus.
- Bunsen, Robert* (1811 bis 1899).
- Bunte, Hans* (1848 bis 1925) Prof. für chemische Technologie in Karlsruhe, Lehrer von *Haber*.
- Butlerow, Alexander* (1828 bis 1886).
- Canizzaro, Stanislao* (1826 bis 1910) italienischer Chemiker.
- Carnot, Sadi* (1796 bis 1832) französischer Physiker; untersuchte den thermodynamischen Kreisprozeß.
- Caro, Heinrich* (1834 bis 1910) Direktor der BASF in Ludwigshafen.
- Caro, Nikodem* (1871 bis 1935) Mitbegründer des *Frank-Caro*-Verfahrens.
- Cavendish, Henry* (1731 bis 1810).
- Chadwick, James* (1891 bis 1974) englischer Physiker; Nobelpreis 1935; entdeckte das Neutron.
- Chancourtois, Beguyerde* (1819 bis 1886) Prof. für Geologie an der Ecole des Mines in Paris.
- Chevreul, Michel Eugene* (1786 bis 1889) französischer Chemiker; klärte die Konstitution der Fette.
- Claus, Adolf* (1838 bis 1900) Schüler von *Kolbe* und *Wöhler*; Prof. in Freiburg i. Br.
- Comte, Auguste* (1798 bis 1857), französischer Philosoph; Begründer des Positivismus.
- Condillac, Etienne Bonnot de* (1715 bis 1780) französischer Philosoph.
- Colburn, Irving, W.* (1861 bis 1917) amerikanischer Ingenieur und Glasfabrikant, entwickelte Maschine zur Flächenglasherstellung.
- Correns, Erich* (geb. 1896) Prof., langjähriger Leiter des Instituts für Faserstoff-Forschung; Präsident des Nationalrates der Nationalen Front der DDR; Mitglied des Staatsrates; Hervorragender Wissenschaftler des Volkes; Held der Arbeit; Nationalpreisträger.
- Couper, Archibald* (1831 bis 1892) Mitbegründer der Theorie der Struktur organischer Verbindungen; Assistent von *Playfair*.
- Couper, Edward Alfred* (1819 bis 1893) englischer Ingenieur; entwickelte den Winderhitzer für Hochöfen.
- Crookes, William* (1832 bis 1919) englischer Chemiker; Entdecker des Thalliums; Anhänger des Spiritualismus.
- Crompton, Samuel* (1753 bis 1827) englischer Mechaniker; Erfinder einer Spinnmaschine.
- Curie, Marie Skłodowska* — (1867 bis 1934) Nobelpreis 1903 und 1911.
- Curie, Pierre* (1859 bis 1906) Nobelpreis 1903.
- Cuvier, Georges* (1769 bis 1832) französischer Naturforscher.
- Dalton, John* (1766 bis 1844).
- Darwin, Charles* (1809 bis 1882) englischer Biologe; Begründer der Lehre von der Entstehung und Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt.
- Davy, Humphrey* (1778 bis 1829) Begründer der Elektrochemie; entdeckte die Sicherheitslampe für Bergleute, stellte als erster Kalium und Natrium durch Elektrolyse aus den Oxiden dar.
- Deacon, Henry* (1823 bis 1876) englischer Industrieller; fand ein technisches Verfahren zur Chlorherstellung durch Oxydation von Chlorwasserstoff.
- Debye, Peter* (1884 bis 1966) holländischer Physiker und Chemiker, Nobelpreis 1936; stellte die Dipoltheorie auf.
- Demokrit* (460 bis 371 v. u. Z.) griechischer materialistischer Naturphilosoph.
- Descartes, René* (1596 bis 1650) französischer Philosoph; Begründer der analytischen Geometrie.

- Deville, Henry Sainte-Claire* (1818 bis 1881) französischer Chemiker; fand die technische Herstellung von Aluminium und Magnesium.
- Dirac, Paul A. M.* (geb. 1902) Nobelpreis für Physik 1933, gemeinsam mit *Erwin Schrödinger*.
- Dittmar, Wilhelm* (1833 bis 1892) deutscher Chemiker; lebte in England, Schüler von *Roscoe* und *Playfair*, Freund von *Schorlemmer*.
- Dobroliubow, Nikolai* (1836 bis 1861) russischer revolutionär-demokratischer Literaturkritiker und materialistischer Philosoph.
- Doebereiner, Johann Wolfgang* (1780 bis 1849).
- Drefahl, Günther* (geb. 1922) Professor für organische Chemie und Biochemie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena; Mitglied der AdW der DDR; Präsident des Friedensrates der DDR; Nationalpreisträger.
- Duhamel du Monceau, Louis Henry* (1700 bis 1781) französischer Naturforscher; Mitglied der Pariser Akademie.
- Duisberg, Carl* (1861 bis 1934) deutscher Chemie-industrieller; Gründer der IG-Farben und langjähriger Vorsitzender des Aufsichts- und Verwaltungsrates der IG Farbenindustrie AG; Exponent der deutschen Chemiemonopole.
- Dulong, Pierre Louis* (1785 bis 1838) französischer Chemiker; gemeinsam mit *A. T. Petit* entdeckte er das nach ihm benannte Gesetz, daß für in festem Zustande befindliche Elemente das Produkt aus spezifischer Wärme und Atommasse annähernd gleich ist.
- Dumas, Jean Baptiste* (1800 bis 1884) französischer Chemiker; Begründer der Substitutionslehre und der älteren Typentheorie.
- Dunken, Heinz* (1912 bis 1964) Professor für Physikalische Chemie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena; Nationalpreisträger.
- Duyng, Justus Bernhard* (1705 bis 1761) Prof. für Medizin und Physik in Marburg.
- Edlund, Eric* (1819 bis 1882) schwedischer Physiker; Prof. in Stockholm.
- Einstein, Albert* (1879 bis 1955) deutscher Physiker, Nobelpreis 1921; stellte 1905 die spezielle, 1915 die allgemeine Relativitätstheorie auf; 1933 von den Faschisten aus Deutschland vertrieben, lebte er seitdem in den USA. Nach dem zweiten Weltkrieg setzte er sich für das Verbot der Kernwaffen ein.
- Empedokles* (450 v. u. Z.) griechischer Philosoph aus Agrigent.
- Engles, Friedrich* (1820 bis 1895) Begründer des wissenschaftlichen Sozialismus.
- Engler, Carl* (1842 bis 1925) Prof. an der TH Karlsruhe; Lehrer von *Haber*.
- Erlenmeyer, Emil* (1825 bis 1909).
- Euler, Leonhard* (1707 bis 1783) deutscher Mathematiker.
- Faraday, Michael* (1791 bis 1867) englischer Naturforscher.
- Fehling, Hermann v.* (1812 bis 1885) deutscher Chemiker; fand den Nachweis des Traubenzuckers im Harn (*Fehlingsche Lösung*).
- Fischer, Emil* (1852 bis 1919) Nobelpreis 1902.
- Fischer, Franz* (1877 bis 1947).
- Fittig, Rudolf* (1835 bis 1910) deutscher Chemiker; Organiker, arbeitete u. a. über aromatische Kohlenwasserstoffe, Lakton, Umlagerungs- und Kondensationsreaktionen: die *Fittigsche Synthese* führt zur Bildung alkylsubstituierter Aromaten.
- Frack, Hans-Heinrich* (1888 bis 1961) langjähriger Direktor des Instituts für Silikatforschung; Professor für chemische Technologie; Nationalpreisträger; Mitbegründer der Kammer der Technik und Ehrenpräsident; Arbeitsgebiete Kalkstickstoffgewinnung (Piesteritz) und Silikatchemie.
- Fourcroy, Antoine François* (1755 bis 1809) französischer Chemiker.
- Frank, Adolph* (1834 bis 1916) Chemiker; begründete die deutsche Kaliindustrie.
- Franke, August Hermann* (1663 bis 1727) evangelischer Theologe und Pädagoge; Prof. in Halle.
- Frankland, Edward* (1825 bis 1899) Prof. für Chemie in Manchester und London; entdeckte die Organometalle; wirkte an der Entwicklung der Vorstellung über die Valenz grundlegend mit.
- Franklin, Benjamin* (1706 bis 1790) nordamerikanischer Staatsmann und Schriftsteller, ursprünglich Buchdrucker; Erfinder des Blitzableiters.
- Fraunhofer, Joseph* (1787 bis 1826) Optiker.
- Fresenius, Carl Remigius* (1818 bis 1897) Assistent Liebigs in Gießen; gründete 1848 in Wiesbaden das bekannte chemische Laboratorium.
- Fritzsche, Franz Wilhelm* (1811 bis 1892).
- Fritzsche, Carl Julius* (1808 bis 1871) Apotheker und Assistent von *Mitscherlich*; ging später nach Rußland und wurde 1853 Mitglied der Akademie der Wissenschaften.
- Fritzsche, Franz Wilhelm* (1811 bis 1892).
- Galilei, Galileo* (1564 bis 1642) italienischer Physiker und Astronom; schuf die Grundlagen der mechanischen Naturwissenschaft, fand Pendel- und Fallgesetze; machte mit einem selbstgebauten Fernrohr viele astronomische Entdeckungen.
- Galvani, Luigi* (1737 bis 1798) italienischer Arzt und Naturforscher; entdeckte an Froschschenkeln die galvanische Elektrizität.
- Gassendi, Pierre* (1592 bis 1655) französischer Naturforscher und mechanischer materialistischer Philosoph.
- Gawrilow, Mitarbeiter von Selinski*.
- Gay-Lussac, Joseph-Louis* (1778 bis 1850).
- Geber* (8. Jahrhundert) galt als Begründer der arabischen Alchemie.
- Geiger, Hans* (1892 bis 1945) deutscher Physiker; entwickelte den *Geigerzähler*.
- Gerhardt, Charles* (1816 bis 1856) Prof. für Chemie in Montpellier und in Straßburg; Begründer der Typentheorie in der organischen Chemie.
- Gibbs, Josiah Willard* (1839 bis 1903) nordamerikanischer Physiker; arbeitete besonders über Thermodynamik.
- Gilbert, William* (1544 bis 1603). Sein Werk über den Magnetismus, in dem die Erde als großer Magnet aufgefaßt wird, erregte großes Aufsehen.

- Gmelin, Christian Gottlieb* (1792 bis 1860) Prof. für Chemie und Pharmazie in Tübingen; fand 1828 die Darstellung des künstlichen Ultramarins.
- Gmelin, Leopold* (1788 bis 1853) Prof. für Medizin und Chemie in Heidelberg; entdeckte 1822 das Kalium-hexazyanoferrat – (III).
- Goethe, Johann Wolfgang v.* (1749 bis 1832).
- Goldschmidt, Hans* (1861 bis 1923) erfand das Thermit-Schweißen.
- Gossage, Mitarbeiter von Deacon*; 1851 gründete er in Widnes eine Fabrik für den Ammoniak-Soda-Prozeß.
- Griess, Peter* (1829 bis 1880) deutscher Chemiker; Entdecker der Diazoverbindungen.
- Grießbach, Robert* (1886 bis 1970), Nationalpreisträger, Prof., führende Arbeiten auf dem Gebiet der Ionenaustauscher.
- Guericke, Otto v.* (1602 bis 1686) Naturforscher, Bürgermeister in Magdeburg; Erfinder der Luftpumpe.
- Guldberg, Cato Maximilian* (1836 bis 1902) Prof. für Mathematik, Chemie und Technologie in Oslo; fand 1867 gemeinsam mit Waage das Massenwirkungsgesetz.
- Haber, Fritz* (1868 bis 1934) Nobelpreis 1918.
- Haeckel, Ernst* (1834 bis 1919) deutscher Zoologe.
- Hahn, Otto* (1879 bis 1968) deutscher Atomphysiker und Chemiker, Nobelpreis 1944; entdeckte gemeinsam mit Strassmann und L. Meitner die Atomspaltung; Mitunterzeichner des Göttinger Appells.
- Hales, Stephan* (1677 bis 1761) englischer Naturforscher.
- Hargreave, James* (zw. 1740 und 1750 bis 1778) englischer Weber; konstruierte die erste brauchbare Spinnmaschine.
- Harnack, Adolf v.* (1851 bis 1930) bedeutender Organisator wissenschaftlicher Unternehmungen; Präsident der von ihm organisierten damaligen „Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft“.
- Harries, C.* (1866 bis 1923), Mitarbeiter von E. Fischer, später Prof. in Kiel.
- Hauy, René J.* (1743 bis 1822) französischer Mineraloge.
- Heckmann, Carl-Justus* (geb. 1902), Prof. an d. TH „Otto von Guericke“ Magdeburg; Chemieanlagenbau und chemischer Apparatebau.
- Hegel, Georg Wilhelm Friedrich* (1770 bis 1831) deutscher Philosoph.
- Hein, Franz* (1892 bis 1976) Prof. für Chemie; Nationalpreisträger; Hervorragender Wissenschaftler des Volkes; Mitglied der AdW der DDR; Verfasser des Werkes „Chemische Koordinationslehre“.
- Heisenberg, Werner* (1901 bis 1976) deutscher Physiker, Nobelpreis 1932; entwickelte wesentlich die Quantenmechanik und stellte die Unschärferelation auf.
- Heitler, Walter* (geb. 1904) Physiker; Quantentheorie und homöopolare Bindung.
- Helmholtz, Hermann v.* (1821 bis 1894) deutscher Physiker und Physiologe.
- Henkel, Johann Friedrich* (1679 bis 1744) Bergrat in Freiberg (Sa.).
- Heraklit* (etwa 535 bis 475 v. u. Z.) altgriechischer Philosoph; einer der Begründer der Dialektik.
- Herbststädt, Sigismund F.* (1760 bis 1833) Chemiker und Technologe; Prof. für Chemie in Berlin.
- Herzen, Alexander Iwanowitsch* (1812 bis 1870) russischer revolutionärer Demokrat; materialistischer Philosoph; Publizist und Schriftsteller.
- Herzog, Siegfried* (geb. 1918) Prof. für anorganische Chemie; arbeitete auf dem Gebiet der Komplexfchemie.
- Hess, Hermann Heinrich* (1802 bis 1850) russischer Chemiker.
- Hevesy, Georg v.* (1885 bis 1966) in Budapest; Nobelpreisträger 1943. Prof. für physikalische Chemie in Freiberg und Kopenhagen. Entdeckte 1922 das Hafnium, entwickelte mit F. Paneth die radioaktive Indikatormethode.
- Hinshelwood, Sir Cyril Norman* (geb. 1897) englischer Physiker, 1956 gemeinsam mit N. N. Semjonow Nobelpreis für Chemie.
- Hisinger, Wilhelm v.* (1776 bis 1852) schwedischer Bergwerksbesitzer; Freund und Förderer von Berzelius.
- Hjelt, Edward* (1879 bis 1921), Prof. für Chemie in Helsinki, Chemiehistoriker; „Geschichte der organischen Chemie“.
- Hobbes, Thomas* (1588 bis 1679) englischer materialistischer Philosoph und Staatsmann.
- Van't Hoff, Jacobus Henricus* (1852 bis 1911) Prof. für Chemie an der Universität in Amsterdam; Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin; Mitbegründer der physikalischen Chemie.
- Hoffmann, Friedrich* (1660 bis 1742) Arzt und Chemiker in Halle und Berlin. Von ihm wurden die Hoffmannstropfen eingeführt.
- Hofmann, August Wilhelm v.* (1818 bis 1892).
- Hofmann, Fritz* (1866 bis 1956) deutscher Chemiker; begründete die industrielle Kautschuksynthese; 1916 Methylkautschuk, Buna.
- Hodgkin, Dorothy* (geb. 1902) Prof.; Nobelpreis für Chemie 1964.
- Hooke, Robert* (1635 bis 1703) englischer Mechaniker und Naturforscher; Mitarbeiter von Boyle.
- Horstmann, August F.* (1842 bis 1930) Prof. für physikalische Chemie in Heidelberg; Begründer der chemischen Thermodynamik.
- Hückel, Erich* (geb. 1896) deutscher Physiker; Prof. für Physik.
- Hückel, Walter* (geb. 1895) deutscher Chemiker.
- Humboldt, Alexander v.* (1769 bis 1859) humanistischer Gelehrter.
- Hund, Friedrich* (geb. 1896) theoretischer Physiker; auswärtiges Mitglied der AdW der DDR.
- Ingold, Christopher* (geb. 1893) Prof. für organische Chemie in London; Ablauf organischer Reaktionen.
- Iwanenko, Dmitri Dmitrijewitsch* (geb. 1904) sowjetischer Atomphysiker.

- Jander, Gerhard* (1892 bis 1961) deutscher Chemiker; Begründer des Lehrbuches der anorganischen Chemie (*Jander-Spandau*); spezielles Arbeitsgebiet: nichtwässrige Lösungsmittel.
- Joffe, A. F.* (1880 bis 1960), sowjetischer Physiker.
- Joliot-Curie, Irene* (1897 bis 1956) Nobelpreis 1935.
- Joliot-Curie, Frédéric* (1900 bis 1958) Nobelpreis 1935.
- Jungius, Joachim* (1587 bis 1657) deutscher Naturforscher und Mathematiker; Wegbereiter der mechanischen Naturauffassung; Begründer einer wissenschaftlichen Gesellschaft 1622 in Rostock.
- Kant, Imanuel* (1724 bis 1804) Prof. für Philosophie in Königsberg.
- Kastner, Karl W. G.* (1783 bis 1857) Prof. in Heidelberg, Halle und Erlangen.
- Keil, Gerhard* (geb. 1926), Prof., Leiter des Forschungsbereiches Chemie der AdW der DDR; Mitglied der AdW der DDR; Nationalpreisträger.
- Kekulé, Friedrich August* (1829 bis 1896).
- Kepler, Johannes* (1571 bis 1630) bedeutender deutscher Naturforscher; einer der Begründer der modernen Astronomie; untersuchte die Gesetzmäßigkeiten der Planetenbewegung.
- Kern, Werner* (geb. 1906), Mitarbeiter von *Staudinger*.
- Kirchhoff, Gustav R.* (1824 bis 1887) deutscher Physiker; Prof. in Breslau, Heidelberg und Berlin; begründete mit *Bunsen* die Spektralanalyse.
- Kirdorf, Emil* (1847 bis 1938) deutscher Großindustrieller.
- Klaproth, Martin H.* (1743 bis 1817) Apotheker; Prof. für Chemie in Berlin; entdeckte Uran, Zirkoneide, Strontian, Titan, Zererde; quantitative Mineralanalyse.
- Klare, Hermann* (geb. 1909) Prof., Präsident der AdW der DDR; Nationalpreisträger; Verdienter Erfinder.
- Klaus, Karl* (1796 bis 1864) Prof. für Chemie und Pharmazie in Kasan; Entdecker des Elements Ruthenium.
- Knietisch, Rudolf* (1854 bis 1906).
- Knöll, Hans* (geb. 1913) Mikrobiologe, Mitglied der AdW der DDR; Nationalpreisträger; Direktor des Instituts für experimentelle Mikrobiologie und Therapie der AdW in Jena.
- Knop, Adolf* (1828 bis 1893) Prof. für Mineralogie und Geognosie in Karlsruhe.
- Knorr, Ludwig* (1859 bis 1921) Prof. in Jena, Synthese des Antipyrins.
- König, Walter* (1878 bis 1964), Prof. für Farben- und Textilchemie an der TH Dresden.
- Kohlrausch, Friedrich W. G.* (1840 bis 1910) deutscher Physiker.
- Kolbe, Hermann* (1818 bis 1884) Nachfolger von *Bunsen* in Marburg; später Prof. für Chemie in Leipzig; begründete das „Journal für praktische Chemie“.
- Kolditz, Lothar* (geb. 1929) Prof. für anorganische Chemie an der Humboldt-Universität zu Berlin; Mitherausgeber der „Zeitschrift für Chemie“.
- Kopernikus, Nikolai* (1473 bis 1543) Astronom und Naturforscher.
- Kopp, Hermann* (1817 bis 1892) deutscher Chemiker; Prof. in Gießen und Heidelberg.
- Kossel, Walther* (1888 bis 1956) Prof. für Physik in Tübingen; Begründer der modernen valenztheoretischen Anschauungen.
- Krauch, Carl* (1887 bis 1967) Chemiker beim IG-Farbenkonzern.
- Kunkel, Johann v. Löwenstern* (1630 bis 1703) Erfinder des Rubinglases (Kunkelglas: „Ars vitraria experimentalis“ (bedeutendstes Werk über Glasmacherkunst).
- van Laar, Johannes Jacobus* (1860 bis 1938) holländischer Physikochemiker.
- Landenburg, Albert* (1842 bis 1911) deutscher Chemiker; Prof. in Breslau und Heidelberg.
- Lamarck, Jean B.* (1749 bis 1827) französischer Naturforscher; Evolutionist, Vorgänger *Darwins*.
- Lampadius, Wilhelm A.* (1772 bis 1842) Prof. für Chemie und Hüttenkunde an der Bergakademie Freiberg (Sa.); Entdecker des Kohlendisulfids.
- Landolt, Hans* (1831 bis 1910) Prof. für Chemie in Bonn und Berlin; gab mit *Börnstein* die „Physikalisch-chemischen Tabellen“ heraus.
- Langenbeck, Wolfgang* (1899 bis 1967) Prof. für organische Chemie; Nationalpreisträger; Lehrbuch der organischen Chemie.
- Langevin, Paul* (1872 bis 1946) französischer fortschrittl. Physiker.
- Langmuir, Irving* (1881 bis 1957) amerikanischer Physiker und Physiko-Chemiker; Nobelpreisträger 1932 für seine Arbeiten zur Oberflächenchemie.
- Laue, Max v.* (1879 bis 1960) deutscher Physiker; Nobelpreisträger 1914; schuf die theoretische Grundlage für die Verfahren zur Röntgenstrukturuntersuchung; *Laue* trat stets für die gesellschaftliche Verantwortung des Wissenschaftlers ein. Er ist einer der Initiatoren des Göttinger Appells.
- Laurent, Auguste* (1807 bis 1853) Prof. für Chemie in Bordeaux; hatte wesentlichen Anteil an der Entwicklung der organischen Chemie.
- Lavoisier, Antoine Laurent* (1743 bis 1794).
- Le Bel, Joseph Achille* (1847 bis 1930) Mitbegründer der Stereochemie.
- Le Blanc, Max* (1865 bis 1943) Physiko-Chemiker.
- Leblanc, Nicolas* (1742 bis 1806).
- Le Chatelier, Henry* (1850 bis 1936).
- Lebedur, Adolf* (1837 bis 1906) Prof. für Eisenhüttenkunde an der Bergakademie Freiberg (Sa.).
- Leibnitz, Eberhard* (geb. 1910) Prof. für chemische Technologie und Mitglied der AdW der DDR; Nationalpreisträger; Präsident der URANIA.
- Leibniz, Gottfried W. v.* (1646 bis 1716) deutscher Philosoph und Mathematiker.
- Lemery, Nicolas* (1645 bis 1715) französischer Naturforscher.
- Lenard, Phillip* (1862 bis 1947) Physiker; Nobelpreis 1905; arbeitete über lichtelektrische Effekte und untersuchte Kathodenstrahlen. Neben *Stark* war *Lenard* der Verfechter der sog. „Deutschen Physik“.
- Lenin, Wladimir Iljitsch* (1870 bis 1924) marxistischer Philosoph und Staatsmann.

- Lenz, Heinrich F. E.** (1804 bis 1865) russischer Physiker: Lenzsche Regel.
- Leuchs, Hermann** (1879 bis 1945) deutscher Chemiker; Prof. in Berlin.
- Leukipp** (um 450 v. u. Z.) griechischer Philosoph; Mitbegründer der antiken Atomistik.
- Leverrier, Urbain J. J.** (1811 bis 1877) französischer Astronom.
- Lewis, Gilbert N.** (1872 bis 1946) amerikanischer Physiko-Chemiker; begründete gemeinsam mit Kossel die moderne valenztheoretische Anschauung.
- Liebig, Justus v.** (1803 bis 1873).
- Liebermann, Carl** (1842 bis 1914) deutscher Chemiker; Prof. an der Technischen Hochschule Berlin; Mitbegründer der Farbstoffchemie.
- Liebknecht, Karl** (1871 bis 1919) bedeutender Führer in der deutschen Arbeiterbewegung; 1919 von der Reaktion ermordet.
- Linné, Carl v.** (1707 bis 1778) schwedischer Naturforscher und Botaniker.
- Lobatschewski, Nikolai Iwanowitsch** (1792 bis 1856) russischer Mathematiker.
- Locke, John** (1632 bis 1704) englischer Philosoph.
- Lomonosow, Michail W.** (1711 bis 1765).
- London, Fritz** (1900 bis 1954) deutscher Physiker; emigrierte 1933; arbeitete mit Heitler zusammen; Quantenmechanische Theorie der chemischen Valenzkräfte.
- Loschmidt, Joseph** (1821 bis 1895) österreichischer Chemiker und Physiker.
- Lowry, Thomas Martin** (1874 bis 1936) englischer Chemiker; Schüler und Assistent von Armstrong; arbeitete gleichzeitig wie Brönsted an einer Säure-Bas-Theorie.
- Lunge, Georg** (1839 bis 1923) Chemiker und Technologe.
- Mach, Ernst** (1938 bis 1916) Physiker und Philosoph.
- Magnus, Gustav** (1802 bis 1870) deutscher Physiker; Prof. an der Berliner Universität; begründete das erste physikalische Laboratorium der Berliner Universität.
- Malherbe, Joseph François Marie** (1733 bis 1827) französischer Chemiker, Mitbegründer der Seifenindustrie in Paris.
- Mansfield, Charles B.** (1819 bis 1855) fand die technische Gewinnung von Benzol und Toluol durch fraktionierte Destillation des Steinkohlenteers.
- Marggraf, Andreas Sigismund** (1709 bis 1782) fand den Zuckergehalt in der Runkelrübe; gewann Zink durch Destillation von Zinkerzen.
- Mariotte, Edmund** (1620 bis 1684) französischer Physiker; stellte unabhängig von Boyle das Gesetz über die Beziehung von Druck und Volumen bei Gasen auf.
- Markownikow, Wladimir Wassilewitsch** (1838 bis 1904) russischer Chemiker; Schüler und Mitarbeiter von Butlerow; untersuchte die Additionsreaktionen an ungesättigten Kohlenwasserstoffen; Regel von Markownikow.
- Marsden, Ernest** (geb. 1889) englischer Physiker; Mitarbeiter von Rutherford.
- Marsh, James** (1790 bis 1846) englischer Chemiker; entwickelte eine Apparatur zum Arsennachweis.
- Martius, Carl A. v.** (1838 bis 1920) deutscher Chemiker; Schüler von A. W. Hofmann, Mitbegründer der Agfa-Farbenfabrik in Berlin.
- Marx, Karl** (1818 bis 1883) Begründer des wissenschaftlichen Sozialismus.
- Mayer, J. Robert** (1814 bis 1878) Arzt und Naturforscher; Gesetz von der Erhaltung der Energie.
- Mendelejew, Dmitri I.** (1834 bis 1907).
- Mentschutkin, Nikolai A.** (1843 bis 1907). Prof. für Chemie an der Technischen Hochschule von St. Petersburg.
- de la Metherie**, französischer Chemiker, Zeitgenosse von Lavoisier.
- Metschnikow, Ilja Iljitsch** (1845 bis 1916), Physiologe, Mitarbeiter von Pasteur, Nobelpreis für Physiologie und Medizin 1908.
- Meyer, Ernst v.** (1847 bis 1916) Prof. für organische Chemie an der Technischen Hochschule Dresden.
- Meyer, Johann Karl Friedrich** (1743 bis 1817) deutscher Apotheker und Chemiker; erforschte anorganische Verbindungen.
- Meyer, Kurt** (geb. 1904), Prof., Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Fotochemie, Nationalpreisträger.
- Meyer, Lothar** (1830 bis 1895).
- Meyer, Richard** (1846 bis 1926) deutscher Chemiker; Prof. für organische Chemie.
- Meyer, Victor** (1848 bis 1897) Physiko-Chemiker.
- Mitscherlich, Alexander** (1836 bis 1918) Begründer der Sulfitzellstoff-Industrie.
- Mitscherlich, Eilhard** (1794 bis 1863).
- Mittasch, Alwin** (1869 bis 1950) deutscher Chemiker Mitarbeiter von Haber und Bosch in der BASF; Katalyseforschung.
- Moissan, Henry** (1852 bis 1907) französischer Chemiker; Nobelpreis für Chemie 1906.
- Moleschott, Jakob** (1822 bis 1893) deutscher Physiologie auf mechanisch-materialistischer Grundlage.
- Mond, Ludwig** (1839 bis 1909) Chemiker und Industrieller; Begründete die chemische Großindustrie in England.
- Monge, Gaspard** (1746 bis 1818) französischer Mathematiker und Wissenschaftsorganisator.
- de Morveau, Louis B. Guyton** (1737 bis 1816) französischer Chemiker, eigentlich Jurist; später Mitarbeiter von Lavoisier.
- Moseley, Henry** (1887 bis 1915) englischer Physiker; fand das Moseleysche Gesetz.
- Müller, Gustav Richard** (geb. 1903) Direktor des Instituts für Silikon- und Fluorkarbonchemie, Nationalpreisträger; Erfindungen auf dem Gebiet der Silikonchemie; Müller-Rochow-Synthese zur unmittelbaren Darstellung von Silikonen.
- Müller, Johannes** (1801 bis 1858) deutscher Naturforscher und Physiologe; Lehrer von Du Bois Reymond, Virchow, Haeckel u. a.
- Mullikan, R. S.**, amerikanischer Chemiker; arbeitet auf dem Gebiet der Struktur organischer Verbindungen; Nobelpreis für Chemie 1966.

- Muspratt, James Sheridan** (1821 bis 1871) englischer Chemiker, arbeitete bei Liebig in Gießen, gründete 1848 eine Ausbildungsstätte für Chemie in Liverpool.
- Nägeli, Carl v.** (1817 bis 1891) deutscher Botaniker, vom Darwinismus beeinflußt, verlor jedoch nie seine alte von der Naturphilosophie beeinflußten Anschauungen.
- Nernst, Walther** (1864 bis 1941) Prof. in Berlin, Physiko-Chemiker; Nobelpreis für Chemie 1920; Begründer des 3. Hauptsatzes der Wärmelehre.
- Neumann, Caspar** (1683 bis 1737) Prof. für praktische Chemie am Collegium-Medico-Chirurgicum in Berlin.
- Newlands, John A. R.** (1838 bis 1898) englischer Chemiker; versuchte die chemischen Elemente zu systematisieren.
- Newton, Sir Isaac** (1643 bis 1727) englischer Physiker.
- Nicholson, William** (1753 bis 1815) englischer Kaufmann und Wasserbauingenieur; konnte als einer der ersten die elektrolytische Zersetzung des Wassers experimentell durchführen.
- Nobel, Alfred** (1833 bis 1896) schwedischer Chemiker; Erfinder des Dynamits; stiftete 1895 durch Testament die Nobelpreise für Physik, Chemie, Medizin, Literatur und den Friedensnobelpreis.
- Oettingen, Arthur** (1836 bis 1920) Professor der Physik an der Universität Dorpat (Tartu), später in Leipzig Redakteur von Ostwalds „Klassiker der exakten Wissenschaften“.
- Odling, William** (1829 bis 1921) Prof. für Chemie in Oxford.
- Oken, Lorenz** (1779 bis 1851) Naturphilosoph; Herausgeber der wissenschaftlichen kritischen Zeitschrift „Isis“.
- Olese, Prof.** für Chemie in Upsala.
- Ostrogradski, Michael Wassilewitsch** (1801 bis 1861), russischer Mathematiker.
- Ostwald, Wilhelm** (1853 bis 1932) Nobelpreis für Chemie 1909.
- Paneth, Fritz** (1887 bis 1958) deutscher Chemiker.
- Pancetus, Theophrastus** (1493 bis 1541).
- Pasteur, Louis** (1822 bis 1895) französischer Biologe und Chemiker; Forschungen auf bakteriologischem Gebiet.
- Pauli, Wolfgang** (1900 bis 1958) Schweizer Physiker; Nobelpreis für Physik; **Pauliprinzip**.
- Pauling, Linus** (geb. 1901) Nobelpreis für Chemie 1954, Friedensnobelpreis 1962.
- Paulow, Iwan Petrowitsch** (1849 bis 1936) sowjetischer Physiologe, Nobelpreis 1904; entdeckte die Bedeutung der Fermente für den Verdauungsvorgang und erforschte Funktionen des Gehirns.
- Pelouze, Théophile J.** (1807 bis 1867) Prof. in Paris; bestimmte die Atommassen von Arsen, Phosphor, Stickstoff, Silizium u. a.
- Perkin, Sir William H. sen.** (1838 bis 1907) englischer Chemiker.
- Perrin, Jean** (1870 bis 1942) französischer Physiker; Nobelpreis für Physik 1926; Schüler und Mitarbeiter von **Marie Curie**.
- Petit, Alexis Th.** (1791 bis 1820) fand mit **Dulong** das Gesetz der Konstanz des Produkts aus spezifischer Wärme und Atommasse für alle Elemente.
- Pettenkofer, Max v.** (1818 bis 1901) deutscher Arzt.
- Pfeffer, Wilhelm** (1845 bis 1920), Prof. der Botanik, Bonn, Basel, Tübingen.
- Phillips, Peregrine**, ließ 1831 ein Verfahren patentieren, wonach Platin als Katalysator bei der Gewinnung von Schwefelsäure Verwendung findet.
- Pichler, Helmut** (geb. 1904) deutscher Chemiker; Mitarbeiter von **F. Fischer**.
- Pier, Matthias** (geb. 1882) deutscher Chemiker; Schüler von **W. Nernst**; katalytische Hochdruckhydrierung.
- Playfair, Sir Lyon** (1819 bis 1899) englischer Chemiker; Prof. in London.
- Planck, Max** (1858 bis 1947) deutscher Physiker, Nobelpreis für Physik 1918.
- Plato** (427 bis 347 v. u. Z.) griechischer Philosoph und Mathematiker.
- Plattner, Carl F.** (1800 bis 1858) Prof. für Hüttenkunde in Freiberg (Sa.).
- Poggendorff, Johann Christian** (1776 bis 1877) deutscher Physiker; Herausgeber der Annalen für Physik und Chemie.
- Popow, A. N.** (1840 bis 1881), Prof. an der Universität Warschau.
- Pott, Johann Heinrich** (1692 bis 1777) deutscher Chemiker.
- Priestley, Joseph** (1733 bis 1804).
- Proust, Joseph L.** (1754 bis 1826).
- Pufendorf, Samuel v.** (1632 bis 1694) deutscher Lehrer der Aufklärung.
- Rammelsberg, Carl F.** (1813 bis 1899) deutscher Chemiker; Prof. in Berlin.
- Rammler, Erich** (geb. 1901) Prof., Nationalpreis 1951.
- Ramsay, William** (1852 bis 1916) englischer Chemiker; Nobelpreis 1904; Entdeckung der Edelgase.
- Raoult, François** (1830 bis 1910), Prof. der Chemie in Grenoble.
- Rayleigh, Lord John W.** (1842 bis 1919) englischer Physiker; Nobelpreis für Physik 1904.
- Reich, Ferdinand** (1799 bis 1882) Prof. für Physik und theoretische Chemie in Freiberg (Sa.).
- Reichenbach, Carl v.** (1788 bis 1869) böhmischer Naturforscher; Entdecker der Paraffine.
- Remy, Heinrich** (geb. 1890) Prof. für anorganische Chemie; Verfasser eines umfangreichen Lehrbuches der anorganischen Chemie.
- Retzius, Anders Jahan** (1742 bis 1821) Prof. in Stockholm.
- Richter, Jeremias Benjamin** (1762 bis 1807) deutscher Chemiker; Begründer der Stöchiometrie.
- Richter, Victor v.** (1862 bis 1891) Mineraloge in Freiberg (Sa.).
- Rieche, Alfred** (geb. 1902) Prof.; Nationalpreisträger; Mitglied der AdW der DDR.
- Riedel, Hans-Günther** (geb. 1912) Direktor des ITZ Mineralöle und organische Grundstoffe; Nationalpreisträger; Mitglied der AdW der DDR;

- Prof. für spezielle Organisation und Planung des chemischen Betriebes an der Bergakademie Freiberg (Sa.).
- Rienäcker, Günther* (geb. 1904) Prof., Mitglied der AdW der DDR; Nationalpreisträger; Mitarbeiter von *Hevesy* und *Staudinger*.
- Ritter, Carl* (1779 bis 1859) deutscher Geograph.
- Roentgen, Conrad Wilhelm* (1845 bis 1923) Physiker, entdeckte 1895 die Röntgenstrahlen, von ihm X-Strahlen genannt; Nobelpreis 1901.
- Roscoe, Sir Henry E.* (1833 bis 1915) englischer Chemiker; Schüler von *Bunsen*.
- Rose, Gustav* (1798 bis 1873) Prof. für Mineralogie in Berlin.
- Rose, Heinrich* (1795 bis 1863) Prof. für Chemie und Pharmazie in Berlin.
- Rosin, Paul* (geb. 1890) arbeitete über Hüttenkunde und Brennstofftechnik; 1837 Emigration nach England.
- le Rossignol, R.*; Mitarbeiter von *F. Haber* bei der Entwicklung der Ammoniaksynthese.
- Runge, Franz* (geb. 1892) Prof. für Technische Chemie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Runge, Friedlieb Ferdinand* (1795 bis 1867).
- Rutherford, Daniel* (1749 bis 1819) englischer Naturforscher.
- Rutherford, Ernest* (1871 bis 1937) Nobelpreis für Chemie 1908.
- Sabatier, Paul* (1854 bis 1941) französischer Chemiker; Nobelpreis für Chemie 1912; Forschungen über Katalyse und Hydrierung von Kohlenstoffverbindungen.
- Sadikow, V. S.*, Prof. für Biochemie an der Universität Leningrad.
- Säuberlich, Kurt* (geb. 1904) Prof. für Metallurgie, Nationalpreisträger; Entwicklung des Niederschachtofenverfahrens in der DDR.
- Saizew, Alexander M.* (1841 bis 1911) russischer Chemiker.
- Schätsel, Bernhard* (1905 bis 1955), Nationalpreisträger, Arbeiten über Schwefelsäure und Düngemittel.
- Scheele, Carl W.* (1742 bis 1786).
- Scherrer, Theodor* (1813 bis 1875) deutscher Chemiker; Analytiker; Professor in Freiberg (Sa.).
- Schelling, G. W.* (1775 bis 1854) deutscher Philosoph.
- Schering, Ernst* (1824 bis 1889) Apotheker in Berlin; Begründer der chemischen Fabrik Schering, heute VEB Berlin-Chemie.
- Schirmer, Wolfgang* (geb. 1920) Professor für chemische Technologie an der Humboldt-Universität zu Berlin; Direktor des Zentralinstituts für Physikalische Chemie der AdW der DDR; Mitglied der AdW der DDR; Held der Arbeit; Nationalpreisträger.
- Schischkow, Leon Nikolajewitsch* (1830 bis 1908) russischer Chemiker; Schüler von *Dumas* und *Bunsen*.
- Schleiden, Matthias J.* (1804 bis 1881) deutscher Botaniker.
- Schlosser, Fr. Chr.* (1776 bis 1861) Historiker.
- Schlüter, Andreas* (1664 bis 1714) deutscher Baumeister.
- Schönbein, Christian Fr.* (1799 bis 1868) deutscher Chemiker und Pädagoge.
- Schorlemmer, Carl* (1834 bis 1892).
- Schott, Otto* (1851 bis 1935) Begründer der Glaswerke Jena.
- Schrödinger, Erwin* (1887 bis 1961) österreichischer Physiker, Nobelpreis 1933; Mitbegründer der Wellenmechanik.
- Schützenbach, Karl Sebastian* (geb. 1793) Erfinder des Schnellessigverfahrens in den Jahren 1815 bis 1830.
- Schwabe, Kurt* (geb. 1905) Prof. an der TU Dresden und langjähriger Rektor; Nationalpreisträger; Held der Arbeit; Mitglied der AdW der DDR; Präsident der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig; Ehrenmitglied der KdT.
- Schwann, Theodor* (1810 bis 1882) deutscher Zoologe.
- Schweigger, Johann Ch.* (1779 bis 1857) deutscher Physiker; Herausgeber von „Schweiggers Journal“.
- Schweitzer, O.*, Mitarbeiter von *Staudinger* in Freiburg.
- Seljström, Nils G.* (1787 bis 1845) schwedischer Chemiker.
- Selinski, Nikolai D.* (1861 bis 1953).
- Semjonow, N. N.* (geb. 1896) sowjetischer Chemiker, Nobelpreis für Chemie 1956.
- Senderens, Jean B.* (1856 bis 1937) französischer Chemiker.
- Sennert, Daniel* (1572 bis 1637) Arzt und Chemiker in Wittenberg; Vertreter der Atomistik.
- Setschenow, Iwan Michailowitsch* (1829 bis 1905) russischer Physiologe.
- Seubert, Karl* (1851 bis 1942), Prof. in Tübingen und Hannover, Mitarbeiter von *Lothar Meyer*.
- Sidgwick, Nevil Vincent* (1873 bis 1952) englischer Chemiker. Prof. in Oxford; Arbeiten über organische Verbindungen und zum Valenzbegriff.
- Signer, R.*, Mitarbeiter von *Staudinger*.
- Simon, Arthur* (1893 bis 1962) Prof. an der TH Dresden; Nationalpreisträger.
- Sinny, Nikolai N.* (1812 bis 1880).
- Soddy, Frederic* (1877 bis 1956) Prof. für Chemie in Oxford; Nobelpreis für Chemie 1921; Mitarbeiter von *Rutherford*; Erforschung der Radioaktivität.
- Sörensen, Paul Lauritz* (1868 bis 1939) führte 1909 den Begriff des pH-Wertes ein; arbeitete genaue Verfahren zur pH-Bestimmung aus.
- Solvay, Ernest* (1837 bis 1922).
- Sommerfeld, Arnold* (1868 bis 1951) Prof. für Physik in München; Arbeiten über Atombau und Spektrallinien.
- Speiser, Max* (1883 bis 1942), Chemiker und Chemiehistoriker.
- Spinoza, Baruch* (1632 bis 1677) holländischer materialistischer Philosoph.
- Sprengel, Karl* (1787 bis 1859) deutscher Agrarwissenschaftler; Arbeiten über künstliche Düngung.

- Stahl, Georg E.* (1659 bis 1734). .
Stark, Johannes (1874 bis 1957) Physiker, Nobelpreis 1919 für Entdeckung des Stark-Effektes; Verfechter antisemitischer und chauvinistischer Tendenzen in der Wissenschaft.
Stas, Jan S. (1813 bis 1891) Prof. für Chemie in Brüssel; Atommassebestimmungen.
Staudinger, Hermann (1881 bis 1965) Nobelpreis für Chemie 1953.
Steffens, Heinrich (1773 bis 1845) Naturphilosoph; Schüler von Schelling.
Stinnes, Hugo (1870 bis 1924) deutscher Großindustrieller.
Stoney, George Johnstone (1826 bis 1911) englischer Physiker und Chemiker.
Stromeyer, Friedrich (1776 bis 1835) Prof. für Chemie in Göttingen; untersuchte und klassifizierte Stoffe, entdeckte das Kadmiump.
Suttner, Berta v. (1843 bis 1914) Friedenskämpferin, Pazifistin; Friedensnobelpreis 1905.
Thaer, Albrecht (1752 bis 1828) Agrarwissenschaftler; entwickelte die Humustheorie und Fruchtfolge.
Thlaén, Tobias R. (1827 bis 1905) Prof. für Physik in Uppsala.
Thénard, Louis J. (1777 bis 1857) Prof. für Chemie in Paris; untersuchte Alkalimetalle sowie Karbonsäuren, Traubenzucker u. a. organische Verbindungen.
Thiele, Johannes (1865 bis 1927) Organiker, Assistent von Bäczer; entwickelte die Theorie der Partialvalenzen.
Thilo, Erich (geb. 1898) Prof. an der Humboldt-Universität zu Berlin, Mitglied der AdW der DDR; Mitbegründer der Chemischen Gesellschaft in der DDR; Nationalpreisträger.
Thiessen, Peter-Adolf (geb. 1899) Prof. für Physikalische Chemie; Mitglied der AdW der DDR; Ehrenvorsitzender des Forschungsrates der DDR; Mitglied des Staatsrates der 1. Amtsperiode; Nationalpreisträger; Hervorragender Wissenschaftler des Volkes; Träger des Leninordens und Staatspreisträger der UdSSR.
Thomasius, Christian (1655 bis 1728) Jurist und Philosoph; Prof. in Halle; Vertreter der Aufklärung und des Naturrechts; hielt als erster Vorlesungen in deutscher statt in lateinischer Sprache.
Thomson, Joseph J. (1856 bis 1940) Prof. für Physik in Cambridge, Nobelpreis für Chemie 1906; Arbeiten über Kathodenstrahlung, entdeckte das Elektron.
Thyssen, August (1842 bis 1926) deutscher Großindustrieller; gründete den Thyssenkonzern.
Torricelli, Evangelista (1608 bis 1647) italienischer Physiker und Mathematiker; Untersuchungen über den Luftdruck.
Trommer, Carl A. (1806 bis 1879) Prof. in Greifswald; Schüler Mitscherlichs; arbeitete die Trommersche Probe aus.
Trommsdorff, Johann B. (1770 bis 1837) Prof. für Pharmazie an der Erfurter Universität.
Tropsch, Hans (1889 bis 1935).
Tschernyschewski, Nikolai G. (1828 bis 1889).
Tschugajew, Lew A. (1873 bis 1922) Prof. für Chemie an der Universität in Leningrad; Arbeiten über Komplexverbindungen.
Tyndall, John (1820 bis 1893) Prof. für Physik in London; untersuchte den Lichtdurchgang durch kolloidale Lösungen (*Tyndall-Effekt*).
Unverdorben, Otto (1806 bis 1873) deutscher Apotheker; gewann Nitrobenzol aus Indigo.
Ussanowitzsch, M. J. (geb. 1894), sowjetischer Chemiker.
Verguin, Emanuel entdeckte das Fuchsins 1859.
Vogel, Werner (geb. 1925), Prof. für Glaschemie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena.
Vogt, Carl (1817 bis 1895) deutscher Naturforscher; Vulgärmaterialist.
Volhard, Jacob (1834 bis 1910) Prof. für Chemie in München, Erlangen und Halle; schlug die Verwendung des Ammoniumthiozyanats zur maßanalytischen Bestimmung von Silber, Kupfer, Halogeniden und Zyaniden vor.
Volta, Alessandro (1745 bis 1827) italienischer Physiker; Untersuchungen über die Umwandlung von chemischer Energie in elektrische, Voltaische Säule.
Vorländer, Daniel (1867 bis 1941) Prof. für organische und analytische Chemie an der Universität Halle.
Waage, Peter (1833 bis 1900) Prof. für Chemie an der Universität Oslo; entdeckte gemeinsam mit Guldberg das Massenwirkungsgesetz.
Walden, Paul (1863 bis 1957) Chemiker und Chemiehistoriker.
Wartile, John (1738 bis 1810) Freund von Priestley; Ehrenmitglied der Manchester Literary and Philosophical Society.
Watt, James (1736 bis 1819) englischer Physiker und Mechaniker; Erfinder der Dampfmaschine.
Weissbach, Albin (1833 bis 1901) Prof. für Mineralogie in Freiberg (Sa.).
Weldon, führte 1867 ein rationelles Verfahren zur Herstellung von Chlorkalk ein.
Welter (1763 bis 1852) französischer Chemiefabrikant.
Wernaki, Wladimir (1863 bis 1945) Prof. für Geochemie in Moskau.
Werner, Alfred (1866 bis 1919), Prof. in Zürich, Nobelpreis für Chemie 1913.
Wichelhaus, Carl H. (1842 bis 1927) Prof. für chemische Technologie in Berlin.
Wieland, Heinrich (1877 bis 1957) Prof. für organische Chemie in München; Nobelpreis für Chemie 1927.
Williamson, Alexander W. (1824 bis 1904) Prof. für Chemie in London; erforschte chemische Gleichgewichte; Darstellung von Ketonen, Aldehyden u. a. organischen Verbindungen.
Willstätter, Richard (1872 bis 1942), Prof. für organische Chemie in Zürich und München; Nobelpreis für Chemie 1915.
Winkler, Clemens (1838 bis 1904).
Winkler, Werner (1913 bis 1964) Prof., Minister für chemische Industrie und Stellvertreter des

- Vorsitzenden der Staatlichen Plankommission; Nationalpreisträger.
- Wislicenus, Johannes* (1855 bis 1902) Prof. für Chemie in Zürich, Würzburg und Leipzig; Vorstudien zu asymmetrischen Kohlenstoffatomen; organische Synthesen.
- Wöhler, Friedrich* (1800 bis 1882).
- Wolf, Leopold* (1896 bis 1974) Prof. für anorganische Chemie an der Karl-Marx-Universität Leipzig; Nationalpreisträger.
- Wolff, Christian* (1679 bis 1754) Philosoph; ein Hauptvertreter der deutschen Aufklärung; stark von Leibniz beeinflußter Metaphysiker.
- Woskressenski, Alexander* (1809 bis 1880) russischer Chemiker.
- Wurtz, Adolf* (1817 bis 1884) Prof. für organische Chemie an der Sorbonne; Synthese zahlreicher organischer Verbindungen.

Bildquellennachweis

Akademie der Wissenschaften der UdSSR (Abb. S. 157, 209); Bergakademie Freiberg (Sa.) (Abb. S. 275); Chemische Gesellschaft in der DDR (Abb. S. 151); Deutsche Staatsbibliothek Berlin (Abb. S. 65, 279, 297); Volker Ettelt, Berlin (Abb. S. 88, 136, 277); Institut für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften der Humboldt-Universität Berlin (Abb. S. 15, 16, 17, 18, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 91, 92, 93, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 149, 150, 152, 156, 158, 161, 163, 165, 167, 169, 171, 178, 179, 180, 181, 182, 187, 190, 191, 192, 193, 196, 197, 201, 207, 211, 212, 214, 215, 216, 217, 219, 224, 225, 230, 233, 235, 239, 240, 245, 247, 248, 251, 252, 253, 254, 255, 257, 258, 261, 262, 264, 267, 268, 270, 271, 282, 283, 285, 286, 287, 291, 292, 294); Institut für Marxismus-Leninismus beim ZK der SED (Abb. S. 162); Museum Oranienburg (Abb. S. 138); Wilhelm-Ostwald-Archiv der Deutschen Akademie der Wissenschaften (Abb. S. 202, 203); Senats-Kommission zur Erforschung der Universitätsgeschichte der Humboldt-Universität (Abb. S. 107, 109, 168, 170, 173, 174, 185, 186, 206, 265); Volk und Wissen Volks-eigener Verlag, Berlin (Abb. S. 122, 134, 148, 154, 164, 177, 195, 200, 244); wissenschaft und fortgeschritt (Abb. S. 221, 226); Zentralbild Berlin (Abb. S. 24, 25, 27, 33, 36, 51, 58, 68, 77, 114, 204, 232, 237, 238, 242, 250, 273, 288, 293).



Kurzwort: 03 25 01 Biografie. Chemiker
DDR 14,00 M