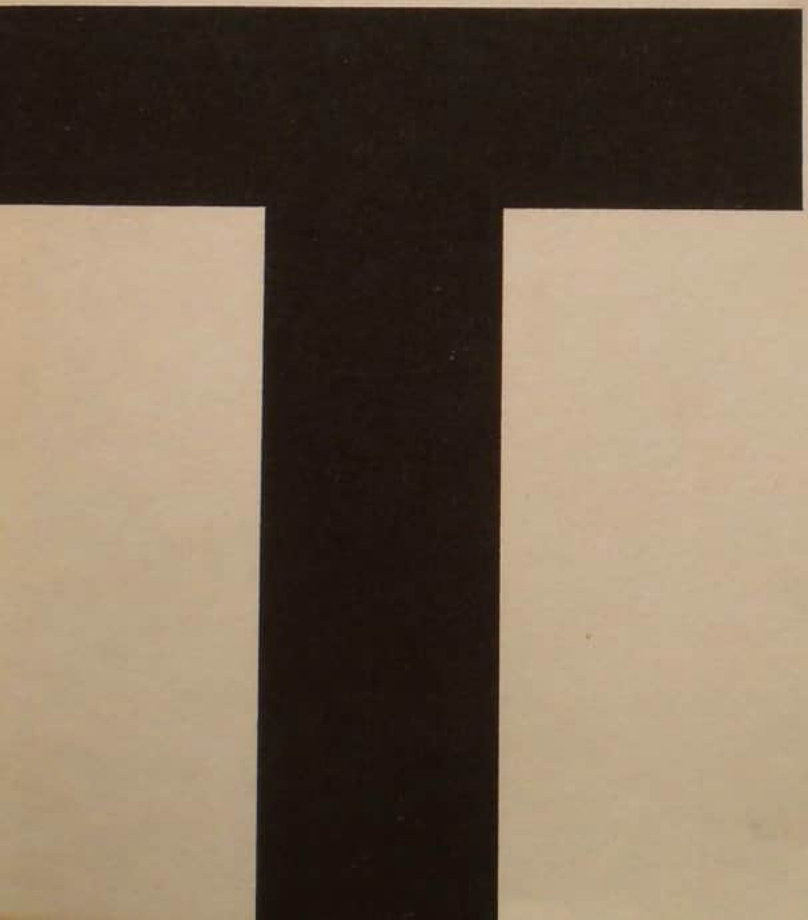
GERHARD BANSE
SIEGFRIED WOLLGAST

Biographien bedeutender Techniker



Biographien bedeutender Techniker, Ingenieure und Technikwissenschaftler

Eine Sammlung von Biographien

Erarbeitet von einem Autorenkollektiv,
herausgegeben von
Dr. sc. phil. Gerhard Banse und
Prof. Dr. phil. habil. Siegfried Wollgast

2. Auflage

Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin
1987

Biographien bedeutender Techniker, Ingenieure und Technikwissenschaftler: e. Sammlung von Biographien/erarb. von e. Autorenkollektiv. Hrsg. von Gerhard Banse u. Siegfried Wollgast. – 2. Aufl. – Berlin: Volk u. Wissen, 1987. – 367 S.: Ill.
NE: Banse, Gerhard [Hrsg.]

ISBN 3-06-062214-0

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1983
2. Auflage
Lizenz-Nr. 203 · 1000/87 (DN 062214-2)
LSV 3008
Redaktion: Eberhard Zeuschner
Einband: Heinz Hellmis
Typographische Gestaltung: atelier vwv
Printed in the German Democratic Republic
Satz und Druck: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden
Binden: VEB Druckerei Maxim Gorki Altenburg
Schrift: 9/9/11 p Times-Antiqua, Linotron
Redaktionsschluß: 9. Mai 1986
Bestell-Nr. 7077515
01780

Inhalt

9 **Vorwort**

11 **Technik — Geschichte — Gesellschaft**

1. Techniker und Ingenieure in der Zeit vom Altertum bis zum Vorabend der industriellen Revolution

20 *Einführung*

25 Vitruv (etwa 90 bis 10 v. u. Z.)
30 Heron von Alexandreia (1 Jh. u. Z.)
34 Johann Gutenberg (etwa 1400 bis 1468)
41 Leonardo da Vinci (1452 bis 1519)
48 Vannoccio Biringuccio (1480 bis 1537)
55 Georgius Agricola (1494 bis 1555)
62 Otto von Guericke (1602 bis 1686)
69 Jacob Leupold (1674 bis 1727)

2. Techniker und Ingenieure in der Periode der industriellen Revolution und der Herausbildung der Technikwissenschaften

76 *Einführung*

82 Richard Arkwright (1732 bis 1792)
87 James Watt (1736 bis 1819)
94 Johann Beckmann (1739 bis 1811)
100 Edmund Cartwright (1743 bis 1823)
103 Christian Friedrich Brendel (1776 bis 1861)

110 Wilhelm August Lampadius (1772 bis 1842)
117 George Stephenson (1781 bis 1848) und Robert Stephenson (1803 bis 1859)
123 Ernst Alban (1791 bis 1856)
129 Charles Babbage (1792 bis 1871)
136 Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 bis 1832)
142 Karl Karmarsch (1803 bis 1879)
148 August Borsig (1804 bis 1854)
153 Julius Ludwig Weisbach (1806 bis 1871)
160 Johann Andreas Schubert (1808 bis 1870)
167 Jacob Ferdinand Redtenbacher (1809 bis 1863)
172 Carl Zeiß (1816 bis 1888) und
Ernst Abbe (1840 bis 1905)
178 Gustav Anton Zeuner (1828 bis 1907)
184 Franz Reuleaux (1829 bis 1905)
192 Nikolaus August Otto (1832 bis 1891)
198 Johann Philipp Reis (1834 bis 1874)
204 Gottlieb Daimler (1834 bis 1900) und
Carl Friedrich Benz (1844 bis 1929)
211 Otto Lilienthal (1848 bis 1896)

3. Techniker und Ingenieure vom Ende des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart

218 *Einführung*

226 *Maschinenbau und Fertigungstechnik*
226 Carl von Linde (1842 bis 1934)
231 Georg Berndt (1880 bis 1972)
237 Eduard Maurer (1886 bis 1969)
243 Ernst Schiebold (1894 bis 1963)

249 *Transport- und Antriebstechnik*

249 Ferdinand Graf von Zeppelin (1838 bis 1917)
257 Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857 bis 1935)
263 Rudolf Diesel (1858 bis 1913)
270 Wilbur Wright (1867 bis 1912) und
Orville Wright (1871 bis 1948)
277 Sergej Pawlowitsch Koroljow (1907 bis 1966)

284 *Elektrotechnik — Elektronik — Informationstechnik*

284 Friedrich von Hefner-Alteneck (1845 bis 1904)
289 Thomas Alva Edison (1847 bis 1931)
297 Adolf Slaby (1849 bis 1913) und
Graf Georg von Arco (1869 bis 1940)

305 Karl Ferdinand Braun (1850 bis 1918)
311 Paul Nipkow (1860 bis 1940)
317 Michail Ossipowitsch Dolivo-Dobrowolsky (1862 bis 1919)
323 Heinrich Barkhausen (1881 bis 1956)
329 Norbert Wiener (1894 bis 1964)

335 *Chemische Technik*

335 Adolph Frank (1834 bis 1916) und
Nikodem Caro (1871 bis 1935)
342 Alwin Mittasch (1869 bis 1953)
348 Friedrich Bergius (1884 bis 1949) und
Matthias Pier (1882 bis 1965)
355 Walter Reppe (1892 bis 1969)

360 **Personenverzeichnis**

367 **Autorenverzeichnis**

Vorwort

Die in dem vorliegenden Buch enthaltenen Biographien suchen ein lebendiges Bild vom oft mühsamen und widerspruchsvollen Weg zu bedeutenden technischen Erfindungen zu zeichnen. Vollständigkeit ist — das sei betont — weder machbar noch angestrebt. Wir verweisen den Leser auf andere Bände dieser Reihe. Viele Techniker und Ingenieure haben auch Verdienste auf dem Gebiet der Physik, Chemie, der Biologie, Mathematik usw. Umgekehrt sind bedeutende Naturwissenschaftler mit überragenden technischen Erfindungen und Entdeckungen hervorgetreten.

Diese Universalität konnte nicht umfassend dargestellt werden. So wurde weitgehend nach folgendem Prinzip verfahren: Wissenschaftler, die bereits in einem anderen Band dieser Reihe aufgenommen worden sind, wurden hier nicht erneut biographisch dargestellt.

In den Biographien werden u. a. die Beziehungen zwischen Wissenschaft, Technik und Gesellschaft sowie der Einfluß der sozialökonomischen Verhältnisse auf die Entwicklung der Wissenschaft und die Verwertung ihrer Ergebnisse bzw. auf die Entwicklung und den Einsatz technischer Systeme und technologischer Verfahren zu verdeutlichen gesucht. Folgende Aspekte sind in den Biographien besonders hervorgehoben:

1. Im **Wirken** jedes Technikers, Ingenieurs und Technikwissenschaftlers widerspiegelt sich der Klassencharakter der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung. Deshalb wird auf die soziale Determination der Arbeit der jeweiligen Persönlichkeit, auf die Art und Form ihres gesellschaftlichen Auftrags und die Formen der Arbeitsorganisation, in die sie gestellt ist, ausführlich eingegangen (Auftraggeber, Forschungs- und Bildungsstätten bzw. -möglichkeiten, vorhandene Möglichkeiten der Distribution wissenschaftlicher Erkenntnisse). Dabei werden insbesondere die historisch bedingte Wechselwirkung zwischen technischen Möglichkeiten und ihrer gesellschaftlichen Wertung und Verwertung sowie die Überführung wissenschaftlicher Ergebnisse und technischer Errungenschaften in die Produktion herausgearbeitet. Die spezifische und originäre Leistung des einzelnen Technikers, Ingenieurs oder Technikwissenschaftlers wird in ihrer Bedeutung in der jeweiligen Zeit

für die Entwicklung der Technikwissenschaften bzw. Technik gewürdigt und/oder ihr Platz im gegenwärtigen Wissen sichtbar gemacht.

2. Die **Persönlichkeit** des Technikers, Ingenieurs und Technikwissenschaftlers unterliegt ebenso wie sein Werk der sozialen Determination. Deshalb werden der Entwicklungsgang der entsprechenden Persönlichkeit (u. a. ihr Bildungsweg), ihre politische, weltanschauliche, ethische und soziale Position, ihre gesellschaftliche Aktivität und Wirksamkeit im Zusammenhang mit den bestehenden gesellschaftlichen Verhältnissen betrachtet. Die moralischen Haltungen und Ansprüche, um deren Verwirklichung es beim Erfinden und Erforschen den Ingenieuren und Technikwissenschaftlern letztlich auch geht, werden herausgearbeitet. Dabei wird vorrangig angestrebt, das Engagement der Persönlichkeit für Frieden und gesellschaftlichen Fortschritt würdigend hervorzuheben, aber auch eventuelle entgegengesetzte Tendenzen aufzuzeigen.

3. Die **weltanschaulich-philosophische Position** des Technikers, Ingenieurs und Technikwissenschaftlers wird herausgearbeitet. Dabei werden die vielfältigen Beziehungen zwischen dem Wirken der behandelten Persönlichkeit, den philosophischen und ideologischen Strömungen ihrer Zeit und der eigenen weltanschaulichen Haltung (auch in ihrer Veränderung und Entwicklung) aufgezeigt. Zugleich werden entsprechende erkenntnistheoretische und methodologische Probleme, über die reflektiert wurde und/oder die aus der eigenen wissenschaftlichen Arbeit erwuchsen, hervorgehoben.

Diese Aspekte in ihrer Gesamtheit sollen verdeutlichen, daß das Erfinden, Entdecken, Überführen und Nutzen von Neuem oft mit enormen Schwierigkeiten verbunden war, daß sich das Neue nur unter großem persönlichem Einsatz und in harter Auseinandersetzung mit der Umwelt, den Zeitgenossen, der „Macht der Gewohnheit", den Kollegen usw. durchsetzen konnte, um daraus auch Schlußfolgerungen für heute ableiten zu können. Auch die Geschichte der Technik lehrt: Die Durchsetzung des Neuen erfordert — damals wie heute — persönlichen Einsatz und Kampf.

Die Autoren dieses Bandes kommen aus verschiedenen Fachgebieten. Für die sachliche Richtigkeit ihrer Beiträge zeichnen sie selbst verantwortlich. Allen Autoren der Biographien sei für ihren aktiven Einsatz bei der Erarbeitung dieses Bandes herzlich gedankt. Der Dank der Herausgeber richtet sich zugleich an Prof. Dr. sc. phil. Martin Guntau, Prof. Dr. sc. phil. Herbert Hörz, Prof. Dr. sc. phil. Eberhard Jobst, Prof. Dr. sc. phil. Hubert Laitko, Prof. Dr. rer. oec. et phil. habil. Rolf Sonnemann, Dr. paed. Jürgen Strehlow, Prof. Dr. sc. phil. Helge Wendt und Prof. Dr. sc. nat. Horst Wolffgramm. Sie alle haben durch kritisch-helfende Gutachten, eingehende Diskussionen, Lesen von Manuskriptteilen usw. wesentlich zu einer abgerundeten Darstellung dieser Arbeit beigetragen. Unser Dank gilt schließlich der Abteilung Polytechnik im Verlag Volk und Wissen, vor allem auch jenen, die uns zur Erarbeitung dieses Werkes ermunterten und uns stets mit Rat und Tat zur Seite standen.

Berlin/Dresden, Mai 1986

Gerhard Banse
Siegfried Wollgast

Technik — Geschichte — Gesellschaft

„Die Fortführung des Werks von Hegel und Marx muß in der *dialektischen* Bearbeitung der Geschichte des menschlichen Denkens, der Wissenschaft und der Technik bestehen."

(W. I. Lenin)

Wir sind gegenwärtig Zeugen und Mitgestalter einer umfassenden Umwälzung auf wissenschaftlich-technischem wie sozialem Gebiet. Etwa seit der Mitte des 20. Jh. vollziehen sich in der Entwicklung von Wissenschaft und Technik zahlreiche Prozesse, die in ihrer Gesamtheit als wissenschaftlich-technische Revolution bezeichnet werden. Die wissenschaftlich-technische Revolution eröffnet dem Menschen gewaltige Möglichkeiten, seine (natürliche wie gesellschaftliche) Umwelt nutzbringend und mit humaner Zielstellung umzugestalten. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt als die Gesamtheit der mit der Erhöhung des allgemeinen wissenschaftlich-technischen Niveaus verbundenen Tätigkeiten und Ergebnisse im gesellschaftlichen Reproduktionsprozeß wird von quantitativen und qualitativen Veränderungen in Wissenschaft und Technik geprägt. Sie zielen in der Tendenz darauf ab, die vorhandenen Produktionsfonds wie Maschinen, Anlagen, Arbeitsgegenstände sowie die technologischen Prozesse ständig zu vervollkommnen, effektiver zu gestalten und immer besser zu nutzen. Diese Veränderungen finden ihren Ausdruck in zwei Formen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts: im Prozeß der ständigen, kontinuierlichen Vervollkommnung bekannter Erzeugnisse und Verfahren (die evolutionäre Komponente des wissenschaftlich-technischen Fortschritts) und im Prozeß der Hervorbringung völlig neuer, bisher unbekannter Erzeugnisse, Verfahren und Wirkprinzipien (die revolutionäre Komponente).

Unter Revolutionen versteht man grundlegende, umfassende, qualitative Veränderungen in der Entwicklung bestimmter sozialer Bereiche und Strukturen. Derartige Veränderungen treten nicht nur in der gesellschaftlich-politischen und ökonomischen Sphäre auf (soziale und politische Revolutionen), sondern auch in

der Entwicklung der Wissenschaft (wissenschaftliche Revolutionen) und im Bereich der Technik und Produktion (technische Revolutionen).
In der Geschichte der menschlichen Erkenntnis und der produktiven Nutzung dieser Erkenntnisse gab es mehrfach wissenschaftliche wie technische Revolutionen, die zum entschiedenen Bruch mit überholten Auffassungen, zur Ausarbeitung prinzipiell neuer, umfassenderer, tieferer wissenschaftlicher Theorien, zu umfassenden Umgestaltungen auf technischem Gebiet und zu qualitativ neuartigen technischen Systemen und technologischen Verfahren führten. Diese haben sich entweder in einzelnen Bereichen oder — seltener — im Gesamtsystem von Wissenschaft bzw. Technik vollzogen. Beispiele für erstere sind die mit der Durchsetzung der Entwicklungslehre in der Biologie (2. Hälfte des 19. Jh.) und der Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung und Umwandlung der Energie in der Physik (Mitte des 19. Jh.) verbundenen Entwicklungen oder der Übergang vom Dampf- zum elektrischen Antrieb. Wissenschaftliche und technische Revolutionen, die das jeweilige Gesamtsystem erfassen, hat die Menschheit noch nicht so häufig erlebt. Beispiele sind die mit der Schaffung des heliozentrischen Weltbildes beginnenden Umwälzungen auf dem Gebiet der Naturwissenschaft (vgl. die Einführung zu 1.), die industrielle Revolution (vgl. die Einführung zu 2.) und die wissenschaftlich-technische Revolution (vgl. die Einführung zu 3.).
In der Vergangenheit sind die grundlegenden Umwälzungen in der Wissenschaft und auf dem Gebiet der Technik und Produktion nur selten zeitlich zusammengefallen, und wenn, dann zumeist zufällig. In der Gegenwart hingegen verschmelzen revolutionäre Veränderungen in der Wissenschaft mit denen der Technik zu einem einheitlichen Prozeß, zur wissenschaftlich-technischen Revolution. [vgl. 1]
Gegenwärtig ist die wissenschaftlich-technische Revolution in eine neue Etappe eingetreten. Schlüsseltechnologien bestimmen mehr und mehr das Leistungsvermögen einer Volkswirtschaft. Die schnelle Entwicklung der Mikroelektronik und der modernen Rechentechnik ist mit grundlegenden Veränderungen in der Technologie produktionsvorbereitender und direkter Produktionsprozesse, in der Produktionsstruktur, im Zyklus „Wissenschaft – Technik – Produktion" und in anderen Bereichen verbunden. Im engen Zusammenhang damit erlangen andere Schlüsseltechnologien, wie flexible automatische Fertigungssysteme einschließlich der Anwendung von Industrierobotern, neue Bearbeitungsverfahren und Werkstoffe, die Biotechnologie, die Kernenergie und die Lasertechnik, eine zunehmende Breite. Daraus erwachsen wissenschaftlich-technische Möglichkeiten für ein energie- und rohstoffsparendes Wirtschaftswachstum in völlig neuen Dimensionen. Zugleich ergeben sich auch neue Voraussetzungen, die Stellung des Menschen im Produktionsprozeß zu verändern, die schöpferischen Arbeitsinhalte zu erweitern und die Arbeitsbedingungen immer günstiger zu gestalten.
Aber die Technik spielt nicht erst heute eine bedeutende Rolle im Leben der Menschen. Technische Errungenschaften begleiteten den Menschen seit der Urgemeinschaft und werden auch weiterhin sein Begleiter sein. Technik zeugte und zeugt vom Schöpfertum des Menschen, von seiner ständigen Auseinandersetzung mit der Umwelt, in der er letztlich stets der Gewinner war. Das gilt es sichtbar und fruchtbar zu machen. Deshalb sind Arbeiten zur Wissenschafts- und Technikgeschichte kein Selbstzweck und keine auf Spezialisten beschränkte Beschäftigung

mit der Vergangenheit. Sie sind auch mehr als nur der Versuch einer rationalen Rekonstruktion von Geschichte, denn sie verfolgen zumindest zwei Anliegen.
Erstens vermitteln sie tiefere Einsichten in das Entstehen neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer Errungenschaften sowie in ihr gesellschaftliches Wirksamwerden. Sie stellen damit einen unmittelbaren Bildungs- und Erziehungsfaktor dar. Kenntnis der Wissenschafts- und Technikgeschichte führt zu einer höheren Allgemeinbildung, zur Erweiterung des individuellen Wissens und des Erfahrungshorizontes. Das ist eine wesentliche intellektuelle Voraussetzung für die Herausbildung allseitig entwickelter sozialistischer Persönlichkeiten. Marxistisch-leninistisch angeeignete und genutzte Wissenschafts- und Technikgeschichte setzt beim Menschen unserer Zeit Erkenntnisoptimismus, eine kritische und kämpferische Denkweise frei. Sie hilft, objektive Widersprüche zu erkennen und zu überwinden, sich aktiv den Forderungen der Zeit zu stellen. Kenntnis von Wissenschafts- und Technikgeschichte erhöht unser Verantwortungsbewußtsein für den gesellschaftlichen Fortschritt, läßt uns besser begreifen, daß und wie wir, aus der Geschichte, aus genialen Denkansätzen und positiven Ergebnissen wie aus Irrtümern lernend, das Werk unserer Vorfahren weiterzuführen haben.
Auf der Grundlage sorgfältiger Quellenforschung hilft die Wissenschafts- und Technikgeschichte, die Faktoren und Determinanten der Wissenschafts- und Technikentwicklung sowie des Erkenntnisprozesses aufzudecken und bewußtzumachen. Wissenschafts- wie Technikentwicklung ist stets durch eine Vielzahl unterschiedlicher — „innere" und „äußere", direkt oder indirekt wirksam werdende, gewichtige und weniger gewichtige, notwendige und zufällige, objekt- und zielbezogene — Faktoren bestimmt und bedingt. Aus diesem komplexen Determinationsgefüge lassen sich als Eckpunkte folgende herausheben: politisch-ideologisch-weltanschauliche Faktoren; der Stand der Produktivkraft- und Wissenschaftsentwicklung insgesamt; das geistig-kulturelle und Bildungsniveau; Verwertungsmöglichkeiten und -bedürfnisse der Gesellschaft („pragmatische Komponente"). Die Beschäftigung mit der Wissenschafts- und Technikgeschichte vertieft die Erkenntnis, daß wissenschaftliche wie technische Tätigkeit vor allem durch den gesellschaftlichen Prozeß, in dem sie wirkt und dem sie dient, geprägt wird.
Somit sind in der Darstellung der Wissenschafts- und Technikgeschichte wesentliche Potenzen für die weltanschaulich-philosophische Erziehung als wichtiges Moment der kommunistischen Erziehung der Schuljugend enthalten. Das gilt auch für Leben und Werk ihrer bedeutenden Vertreter. Durch Kenntnis der Technik- und Wissenschaftsgeschichte wird es für die Schüler leichter möglich, ihre eigene Tätigkeit in die großen Zusammenhänge einzuordnen, in denen sich das Leben der Menschen und die Entwicklung der Menschheit vollzogen hat. Sie werden besser befähigt, die Rolle der Volksmassen als wirkliche Schöpfer der Geschichte zu erkennen und gleichzeitig zu verstehen, welche hervorragenden Leistungen einzelne Persönlichkeiten in Wissenschaft, Technik und im Prozeß der gesellschaftlichen Produktion zum Wohle der Menschheit vollbracht haben. Mit Hilfe der Geschichte können die nationalen und internationalen humanistischen Traditionen auf allen Gebieten von Wissenschaft und Technik lebendig angeeignet werden.
Zweitens liefern Arbeiten zur Wissenschafts- und Technikgeschichte eine wichtige und zuverlässige Grundlage für treffsichere prognostische Entscheidungen. Werden

nicht nur Erkenntnisse über die Vielfalt der konkret-historischen Ereignisse und Prozesse weitergegeben, wird Geschichte nicht allein in Form von „Geschichten" dargestellt, sondern wird vor allem auf das Beständige im Wechsel der Erscheinungen, auf den gesetzmäßigen Verlauf orientiert, so gestatten historische Arbeiten, neuere wissenschaftliche und technische Entdeckungen und Erkenntnisse richtig in historische Abläufe, in Entwicklungslinien und -tendenzen einzuordnen, deren wesentliche Seiten und Züge sie sichtbar machen. Durch die Kenntnis der Wissenschafts- und Technikgeschichte wird auf der Grundlage geschichtlicher Zusammenhänge auf das für die weitere Entwicklung Notwendige orientiert.

Historisches Wissen — Geschichtsbewußtsein insgesamt — ist nicht nur Widerspiegelung eines bereits vollzogenen, nun der Vergangenheit angehörenden materiellen Lebensprozesses der Gesellschaft. Es ist vielmehr selbst aktiver Faktor für die Gestaltung gegenwärtiger und zukünftiger gesellschaftlicher Prozesse.

Geschichte, auch die von Wissenschaft und Technik, erteilt der Gegenwart mancherlei Lehren, warnt vor schon begangenen Irrwegen und verdeutlicht bereits erarbeitete Lösungsmöglichkeiten bzw. -ansätze. Darüber hinaus läßt sie Gegenwärtiges erst richtig verstehen. Denn: „Der heutige Tag ist ein Resultat des gestrigen. Was dieser gewollt hat, müssen wir erforschen, wenn wir zu wissen wünschen, was jener will." [2; S. 88]

Wir müssen den Schülern begreiflich machen, daß das Gestern im Heute fortwirkt, daß ohne die Vergangenheit letztlich auch die Gegenwart und ihre perspektivischen Tendenzen nicht zu begreifen sind.

Aus der Geschichte können unter Beachtung der entsprechenden Bedingungen Anregungen zur Lösung gegenwärtiger Probleme, Antworten auf auftretende Fragen gewonnen werden.

Arbeiten zur Wissenschafts- und Technikgeschichte umfassen dabei sowohl das Werk (Theorie, Institution, technisches System, technologisches Verfahren usw.), seine Entstehung und sein Schicksal wie die Person (Wissenschaftler, Ingenieur, Techniker, Erfinder, Entdecker usw.). Geschichte der Technik und der Technikwissenschaften bezieht sich somit *erstens* auf technische Errungenschaften und Erfindungen, auf neue Maschinen, Anlagen, Ausrüstungen, Bauwerke und Produktionsverfahren, ihre Voraussetzungen, ihre prinzipielle Lösung, ihre Weiterentwicklung und Nutzung. Sie erfaßt *zweitens* aber auch die Genesis spezifischer Kenntnisse und Erkenntnisse, Einsichten in technisch-technologische Zusammenhänge und konstruktive Vorgehensweisen, die zu Regeln, Gesetzesaussagen und Theorien, zu wissenschaftlichem Wissen verdichtet werden, von ersten, „embryonalen" Überlegungen bis zur Durchsetzung und allgemeinen Anerkennung (oder Ablehnung). *Drittens* gilt die Aufmerksamkeit den „Schöpfern" dieser „Produkte". Die Technikgeschichte untersucht ihr Leben und ihr Schaffen, ihr Wirken in ihrer Zeit und ihre Bedeutung für die Weiterentwicklung von Wissenschaft und Technik, von Produktion und Lehre. *Viertens* gilt es, die Entwicklung technikwissenschaftlicher Disziplinen und ihre Institutionalisierung sowie die Geschichte der Lehre technischen Wissens und der entsprechenden Lehreinrichtungen zu erforschen.

Bei diesen historischen Betrachtungen kann es nun keinesfalls darum gehen, den (nicht möglichen) Nachweis zu erbringen oder auch nur den Anschein zu erwecken,

daß in der Geschichte schon einmal alles dagewesen sei, daß alles schon einmal gedacht wurde und es nichts Neues gibt. Es kommt vielmehr darauf an, fruchtbare Verbindungen und Beziehungen aufzuspüren und entsprechende Ansätze und Entwicklungen, in die Vergangenheit gedanklich zurückgehend, zu verfolgen. Es ist unumgänglich, bei den Wandlungen einer Erscheinung zu verweilen, Altes ins Gedächtnis zurückzurufen und Neues einer vergleichenden Betrachtung zu unterziehen. Theoretische wie praktische Entwicklungs- und Traditionslinien lassen sich nur dann erschließen, wenn Denkansätze wie materielle Errungenschaften der Vergangenheit beachtet und die sich daraus ergebenden Lehren verarbeitet werden, wenn dabei die Widersprüchlichkeit und Kompliziertheit von Entwicklungsprozessen aufgedeckt und beachtet wird.

Das ist aber mit einer rein historiographischen Bestandsaufnahme der Daten, Fakten und Sachverhalte, mit einer noch so sorgfältigen Beschreibung von Details oder einer historischen Darstellung technischer Veränderungen allein nicht realisierbar. Geschichte von Wissenschaft und Technik zu schreiben bzw. darzustellen erfordert weit mehr: „Ein Historiker der Wissenschaft hat ..., nachdem er die erste Aufgabe, die Ansammlung von Materialien zur Darstellung des Wachstums der Erkenntnisse, erfüllt hat, als zweite Aufgabe die Ursachen des Wachstums zu untersuchen, in erster Linie die Anforderungen der Praxis des gesellschaftlichen Lebens." [3; S. 7] Somit gilt es vor allem, die Fakten, Daten, Zusammenhänge und Sachverhalte aus ihrer Zeit heraus zu interpretieren und zu erklären, sie als Bestandteil der materiellen und geistigen Kultur einer bestimmten Zeit, einer bestimmten Produktionsweise zu verstehen. Nicht die Gegenwart kann und darf Maßstab für in der Vergangenheit Geleistetes (oder Nichtgeleistetes) sein; historische Sachverhalte sind auch nicht an sich selbst zu messen — alleiniger Bewertungsmaßstab ist die gesellschaftliche Gesamtsituation in ihrer widerspruchsvollen Einheit von subjektiven, vor allem aber von objektiven Möglichkeiten und Erfordernissen. Diese zweite Aufgabe erfordert, den Zusammenhang von Wissenschaft, Technik, Produktion und Gesellschaft bzw. von Produktivkräften und Produktionsverhältnissen sowie von Basis und Überbau zu berücksichtigen (wobei natürlich nicht linear deduziert werden darf).

Nur so läßt sich die Geschichte der Technik als Entwicklung der produktiven Kräfte der Menschheit verstehen, lassen sich ihre Ergebnisse als vergegenständlichte menschliche Wesenskräfte [vgl. 4; S. 542] begreifen und als Bestandteil menschlicher Kultur erfassen. Dieser historisch-materialistische Ansatz ist auch Grundlage der vorliegenden Sammlung von Biographien bedeutender Techniker, Ingenieure und Technikwissenschaftler.

Der Ingenieurberuf hat eine jahrtausendealte Geschichte. Der Ursprung des Wortes „Ingenieur" ist im lateinischen „ingenium" (= geistige Fähigkeit, Phantasie, erfinderischer Einfall) zu sehen, wobei „ingenium" bereits im frühen Mittelalter „die (Kriegs-)Maschine" bedeutete. Ob nun als „mechanici" oder „architecti", als Bau- oder Werkmeister, als Ingenieure oder Technikwissenschaftler der Gegenwart — Aufgabe dieser Berufsgruppe war es immer, funktionierende Technik, haltbare Bauwerke, geistvolle Vorrichtungen oder effektive Verfahren zu ersinnen und zu gestalten. Dabei wurden stets — wenn auch in unterschiedlichem Maße — wissenschaftliche Erkenntnisse und praktische Erfahrungen genutzt.

„Ingenieur" wurde in früheren Zeiten fast ausschließlich im militärischen Sinne gebraucht (= Festungsbauer, Kriegsbaukundiger usw.). Hervorgegangen aus dem Bedürfnis, auf der Grundlage der Mechanik Kriegsmaschinen (wie Katapulte und fahrbare Türme) zu konstruieren sowie Befestigungsanlagen, Kanäle, Straßen und Versorgungsleitungen zu entwerfen bzw. deren Bau zu leiten, entwickelte sich der Ingenieur aus seiner engen Verbindung mit dem Handwerker und Künstler zum „Spezialisten" für den Entwurf und die Gestaltung technischer Objekte und technologischer Abläufe, einschließlich Wartung und Überwachung. Ingenieure haben sich als eine besondere Gruppe von Praktikern herausgebildet (im Unterschied zu den mehr theoretisch orientierten Technikwissenschaftlern — wobei in beiden Bereichen oft in Personalunion gearbeitet wurde und wird), deren zwei wesentliche Funktionen die des Spezialisten auf dem Gebiet der Technik und die des Leiters arbeitsteiliger Produktionsprozesse sind.

In der DDR ist „Ingenieur" die Berufsbezeichnung eines Absolventen einer entsprechenden Bildungseinrichtung (Ingenieurschule, Ingenieurhochschule, Technische Hochschule bzw. Universität) in einer technischen Fachrichtung bzw. kann gesetzlich zuerkannt werden (vgl. zur gegenwärtigen Ingenieurtätigkeit [5]).

Nicht so klar festgelegt und heute auch nicht mehr so häufig verwendet ist die Bezeichnung „Techniker". Darunter verstand man zunächst nur einen in der Technik Kundigen (häufig synonym mit Ingenieur), denjenigen, der (zumeist im Unterschied zum Wissenschaftler) theoretische Erkenntnisse und empirische Erfahrungen für die Realisierung bestimmter Zielstellungen praktisch umsetzt. Heute versteht man unter einem Techniker zumeist einen in Industrie, Landwirtschaft oder Bauwesen an Maschinen, Anlagen oder Geräten Tätigen, der in der Qualifikation zwischen Meister und Ingenieur steht.

Wenn im Folgenden von Technikern, Ingenieuren und Technikwissenschaftlern die Rede ist, so sind damit keinesfalls nur die heute und in der DDR gängigen Berufsbezeichnungen gemeint, sondern es soll gerade die Vielfalt der „geistigen Väter" der Technik erfaßt werden.

Noch älter als der Ingenieurberuf ist die Technik. Sie ist so alt wie die Menschheit selbst, natürlich nicht in der hochentwickelten Form, wie sie uns heute allgegenwärtig ist (vgl. zur marxistischen Technikauffassung [6; S. 899 ff.]).

Die Menschheitsentstehung ist u. a. durch den Übergang von der zufälligen Gerätenutzung und -herstellung zum differenzierten Gebrauch und zur Fertigung zusammengesetzter Werkzeuge gekennzeichnet. Der erste und entscheidende Faktor, der die Herauslösung des Menschen aus dem Tierreich bewirkte, wurde durch die Anfänge der Arbeit bestimmt: Geräteherstellung war ein neuer und wesentlicher Bestandteil der Arbeit. [vgl. 7] Die Arbeitstätigkeit, die Auseinandersetzung mit der sich verändernden Natur, die Sicherung der menschlichen Existenzbedingungen und die Befriedigung elementarer Bedürfnisse zwangen bereits die ersten Menschen dazu, Werkzeuge zu benutzen und sich die Natur dienstbar zu machen. [vgl. 8; S. 23 ff.] Seither entnimmt der Mensch der Natur Stoffe und wandelt sie um, dazu nutzt er die verschiedensten Energieformen. Er wirkt auf Objekte der Natur ein bzw. läßt diese — seinen Zwecken gemäß — aufeinander einwirken, nutzt ihre Eigenschaften, um ihnen jene Form zu geben, die seinen Bedürfnissen genügt, um sie aus natürlichen Objekten in Gebrauchswerte für konsum-

tive oder produktive Zwecke zu wandeln. Gesellschaftliche und technische Entwicklung stehen so seither in einem unauflöslichen Zusammenhang.

Damit ist bereits auf zwei wesentliche Beziehungen zwischen Technik und Gesellschaft (der Mensch ist spätestens zu diesem Zeitpunkt bereits ein gesellschaftliches Wesen, denn der Arbeitsprozeß war von Anfang an ein gesellschaftlicher Prozeß) verwiesen: Technik ist Produkt gesellschaftlicher Entwicklung sowie notwendige Grundlage gesellschaftlicher und individueller Existenz. Technik ist ein produktives Organ des Menschen. Sie gestattet ihm, seine Kräfte zu vervielfachen, menschliche Arbeitsfunktionen (z. B. energetische, technologische, Transport-, Kontroll- und geistige Funktionen) zu übernehmen, körperlich schwere, gesundheitsgefährdende, monotone und Routinearbeiten zu ersetzen und bestimmte Tätigkeiten überhaupt erst auszuführen. Technik als gesellschaftliche Erscheinung ist — wie etwa Wissenschaft und Kunst — immer das Resultat menschlicher — und damit gesellschaftlicher — Tätigkeit. Technische Errungenschaften sind Objekte in der Hand des Menschen, sie dienen menschlichen Zwecken, die immer gesellschaftliche Zwecke sind. Jede technische Lösung ist immer eine Synthese von naturgesetzlich-technischer Möglichkeit (unabhängig davon, wie sich der Mensch diese Möglichkeit angeeignet hat, ob mehr auf empirischem oder mehr auf theoretischem Wege) und sozialökonomischen Erfordernissen. In ihrer Entwicklung und Anwendung sowie in ihren Wirkungen wird Technik somit von den herrschenden gesellschaftlichen Verhältnissen wesentlich geprägt. [vgl. 9; 10] Die Geschichte der Menschheit ist auch die Geschichte der Entwicklung und Entfaltung der produktiven Organe der Menschheit, die Erweiterung der Herrschaft der Menschheit über die Natur und die eigene Geschichte. Sobald der Arbeitsprozeß eine bestimmte Stufe erreicht hatte, machte er Arbeitsmittel, immer komplizierter werdende Produktionsinstrumente, technische Systeme erforderlich. Technik ist somit ein Organ, das der Mensch „seinen eignen Leibesorganen hinzufügt, seine natürliche Gestalt verlängernd". [11; S. 194]

Die uralte und immer wieder neue Auseinandersetzung des Menschen mit der Natur schließt dabei die Auseinandersetzung mit sich selbst und mit der gesellschaftlichen Umwelt ein. Die Entwicklung der produktiven Kräfte erfolgt stets in der widerspruchsvollen Spanne zwischen (individuellem) Anspruch des Erfinders, (gesellschaftlichem) Bedürfnis bzw. Bedarf und den Mitteln zur Erfüllung dieser Bedürfnisse. In dieser Spanne hat sich Neues gesellschaftlich zu bewähren und aktiv gegen Altes durchzusetzen. Technischer Fortschritt zeigt sich dabei als zunehmende Verdrängung der Handarbeit durch Maschinenarbeit, durch das Zurücktreten der Arbeit des Menschen hinter die Arbeit von technischen Systemen, wobei neue technische Lösungen in der einen oder anderen Weise effektiver sind als die ersetzten technischen Objekte.

Die Technik ist in ihrer Entwicklung und Anwendung eingebettet in den historisch konkret bedingten materiellen Produktions- und Reproduktionsprozeß (Produktionsweise), dessen zwei Seiten die Produktivkräfte und die Produktionsverhältnisse bilden. Auch die Technik zählt — mit Ausnahme der konsumtiven Technik — zu den Produktivkräften, deren Inhalt, Stand und Entwicklung die Herausbildung, die Form und den Wandel der gesellschaftlichen Verhältnisse determinieren. Die Bedeutung der Dialektik von Produktivkräften und Produktionsverhältnissen für die

technische Entwicklung zeigt sich darin, daß die jeweilige Entwicklungsform der Gesellschaft (die Produktionsweise) die Ziele und Grenzen der technischen Entwicklung, ihre Richtung und Folgen bestimmt, den Rahmen der Entwicklungsmöglichkeiten und -bedingungen determiniert und entsprechende Triebkräfte freisetzt. In der jeweiligen Produktionsweise werden die Bedürfnisse entwickelt, die technisch wirksam werden. Die gesellschaftlichen Bedingungen entscheiden letztlich darüber, ob bestimmte technische Systeme materiell realisiert werden oder nicht. Der Einfluß der Gesellschaft auf die Technikentwicklung zeigt sich u. a. in folgenden Sachverhalten:

— Die Gesellschaft bringt jene gesellschaftlichen Bedürfnisse hervor, die als unmittelbare Triebkraft der Entwicklung wirken;

— die Gesellschaft bringt jene gesellschaftlichen Bedürfnisse hervor, die über die Verwendung und den Einsatz der durch den technischen Fortschritt erzeugten Produktivitätssteigerung der menschlichen Arbeit entscheiden;

— die Gesellschaft entscheidet über die konkreten Folgerungen, die sich aus den objektiven Möglichkeiten und Erfordernissen der technischen Entwicklung für die Stellung des Menschen in der materiellen Produktion und für die Art und Weise der Entwicklung des Menschen als Hauptproduktivkraft ergeben.

In der Klassengesellschaft sind Funktionsbestimmung und Zwecksetzung der Technik letztlich den Bedürfnissen und Interessen der jeweiligen herrschenden Klasse unterworfen, die ihrerseits vornehmlich wiederum aus dem Charakter der bestehenden Produktionsverhältnisse resultieren. Technik ist demzufolge keine selbständige Macht, sondern Moment der Produktion materieller Güter. Sie ist damit unmittelbar durch die Gesetze der Produktion, also durch objektive gesellschaftliche Gesetze bestimmt.

Der Charakter der Produktionsverhältnisse und die konkreten gesellschaftlichen Bedingungen bestimmen wesentlich, welche technischen Möglichkeiten verwirklicht, wie die Entwicklungstendenzen der Technik durchgesetzt werden, in welche Richtung Technik entwickelt wird, für wen die Ergebnisse und Möglichkeiten der Technik realisiert und genutzt werden. Die Eigentumsverhältnisse entscheiden darüber, in welcher Form die mit der Entwicklung der Technik verbundenen Widersprüche gelöst, ob die positiven Momente der Technik in ihr Gegenteil verkehrt werden, ob die Technik mißbraucht, ihrem Wesen entfremdet und zur Destruktivkraft menschlicher Existenz wird, oder als Mittel zur weiteren Steigerung des materiellen und kulturellen Lebensniveaus genutzt wird. Die soziale Funktion der Technik besteht in ihrem Beitrag zur Förderung des materiellen und kulturellen Wohlergehens der Menschheit.

Die Möglichkeiten des wissenschaftlich-technischen Fortschritts können jedoch nur dann in umfassender Weise für alle Menschen wirksam werden, wenn in der Gesellschaft für alle bzw. für die Mehrzahl der Menschen gleiche soziale Bedingungen geschaffen wurden bzw. werden. Das ist nur im Sozialismus/Kommunismus der Fall. Nur diese Gesellschaftsordnung orientiert auf Humanitätserweiterung, d. h. auf den Freiheitsgewinn der Persönlichkeit durch gesellschaftlichen Fortschritt unter friedlichen Bedingungen. Wissenschaft und Technik sind dem Ziel der immer weitergehenden Entfaltung und Betätigung menschlicher Wesenskräfte, der wachsenden Sicherheit und Fürsorge für die menschliche Existenz untergeordnet. Der Humanismus ist

somit unter sozialistischen Bedingungen Zielfunktion der geistigen und materiellen Aufwendungen der gesamten Gesellschaft, Bewertungskriterium für unsere Entscheidungen und Handlungen, Anforderungsstrategie für unser Leistungsvermögen und den wissenschaftlich-technischen Fortschritt. Damit ist sowohl die Möglichkeit der immer weitergehenden komplexen und umfassenden sozialökonomischen Einschätzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts wie auch die Möglichkeit der umfassenden Kontrolle der positiven wie negativen Wirkungen der Technikentwicklung und des Abfangens auftretender negativer Auswirkungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in Abhängigkeit von den objektiven Bedingungen gegeben.

Das erfordert u. a. die Kenntnis der Tendenzen und Gesetzmäßigkeiten der Wissenschafts- und Technikentwicklung. Derartige Kenntnisse können aber nur aus historischen Untersuchungen gewonnen werden. Deshalb sind die reichhaltigen wissenschaftlich-technischen Kenntnisse zu nutzen, die von Generationen angehäuft worden sind.

Literatur

[1] Mensch — Wissenschaft — Technik. Versuch einer marxistischen Analyse der wissenschaftlich-technischen Revolution. Hrsg. von M. Buhr und G. Kröber, Berlin 1977.

[2] *Heine, H.:* Französische Zustände. In: Heines Werke in fünf Bänden, Bd. 4, Berlin-Weimar 1972.

[3] *Kuczynski, J.:* Prolegomena zu einer Geschichte der Wissenschaft. In: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR, H. 5/1974, Berlin 1974.

[4] *Marx, K.:* Ökonomisch-philosophische Manuskripte (1844). In: Marx-Engels-Werkausgabe, Erg. bd., 1. Teil, Berlin 1968.

[5] *Draeger, W.:* Der Ingenieur im sozialistischen Betrieb. Berlin 1978.

[6] Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Hrsg. von H. Hörz, H. Liebscher, R. Löther, S. Wollgast, Berlin 1983.

[7] *Herrmann, J.:* Spuren des Prometheus. Der Aufstieg der Menschheit zwischen Naturgeschichte und Weltgeschichte. Leipzig, Jena, Berlin 1979.

[8] Allgemeine Geschichte der Technik von den Anfängen bis 1870. Hrsg. von einem sowjetischen Autorenkollektiv, Leipzig 1981.

[9] *Wollgast, S., G. Banse:* Philosophie und Technik. Zur Geschichte und Kritik, zu den Voraussetzungen und Funktionen bürgerlicher „Technikphilosophie". Berlin 1979.

[10] *Banse, G., S. Wollgast:* Mensch — Wissenschaft — Technik. URANIA-Schriftenreihe für den Referenten, H. 6/82, Berlin 1982.

[11] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 1. In: MEW, Bd. 23, Berlin 1971.

[12] Wer — Was — Wann? Entdeckungen und Erfindungen in Naturwissenschaft und Technik. Hrsg. von W. Conrad, 3. bearb. Aufl., Leipzig 1983.

[13] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.

1 Techniker und Ingenieure in der Zeit vom Altertum bis zum Vorabend der industriellen Revolution

„Nicht was gemacht wird, sondern wie, mit welchen Arbeitsmitteln gemacht wird, unterscheidet die ökonomischen Epochen." (K. Marx)

„So schon von Anfang an die Entstehung und Entwicklung der Wissenschaften durch die Produktion bedingt." (F. Engels)

Einführung

Die Technik ist so alt wie die Menschheit — zumindest datiert sie seit jener Zeit, da der Mensch es gelernt hatte, Naturstoffe und Naturkräfte seinen Zwecken nutzbar zu machen. Von einfachen Steinwerkzeugen, der Nutzung des Feuers und zusammengesetzter Steinwerkzeuge über Pfeil und Bogen, Stockpflug und Egge führte ein langwieriger, viele Jahrtausende dauernder Entwicklungsweg zur Nutzung von Metallen und zur Herausbildung handwerklicher Produktion. Die damit einhergehende Arbeitsteilung führte allmählich zur Auflösung der Gentilordnung und zum Übergang zu neuen Produktionsverhältnissen, den ersten Klassengesellschaften. Diese entstanden in Form von „Stromkulturen" am Ende des 4. Jahrtausends v. u. Z. in den Tälern des Nil (Ägypten), des Euphrat und Tigris (Mesopotamien), des Indus (Indien) und des „Gelben Flusses", des Hwangho (China). Diese Ordnungen eröffneten im Vergleich zur urgemeinschaftlichen Gesellschaft — speziell durch die Herausbildung des Handwerks zu einem selbständigen Produktionszweig — größere Möglichkeiten für Entwicklung, Herstellung und Nutzung von Technik. [vgl. 1; S. 1-124]
Seit etwa 3000 v. u. Z. kennt man in Mesopotamien die Zinnbronze; Silber, Gold, Blei und Platin wurden gewonnen. In Ostkleinasien hatte man die Probleme der Eisenverarbeitung schon vor 1800 v. u. Z. gelöst. Im alten Ägypten wurde das Steinbrechen meisterhaft beherrscht; verschiedene Salze wurden bergmännisch gewonnen. Man reinigte Salz in Salinen und entwickelte Sprengtechniken. Die Produzenten all dieser Reichtümer und Güter nahmen zumeist eine niedrige Stellung

in der Gesellschaft ein. Bedeutende Erfindungen waren zumeist das Werk unbekannt gebliebener Handwerker.
Die ersten Klassengesellschaften errichteten riesige Paläste, Tempel, Grabanlagen und Festungen — auch Ausdruck der Verknüpfung von Religion und Staatsmacht. Straßen, Brücken, Hafen- und große Bewässerungsanlagen, Staudämme und Kanäle zeugen von einem hohen Stand der Technik in jener Zeit. Der Schiffbau bildete bereits im späten 3. Jahrtausend v. u. Z. ein gesondertes Gewerbe. Spinnen, Bleichen und Färben wurden praktiziert. In einigen altorientalischen Produktionszweigen kam es schon zur Entwicklung erster „wissenschaftlicher" Methoden und Aufzeichnungen, die ihrerseits wieder die Produktion förderten.
In der „frühen Eisenzeit" (1200 bis 600 v. u. Z.) wurden die stählernen Geräte der Handarbeit und einfache Mechanismen, wie die Rolle, entwickelt. Ihr technologisches Zentrum war Vorderasien. Die folgenden Perioden der Eisenzeit sind in Europa mit der Entwicklung der Sklavereigesellschaft im Alten Griechenland, in Rom und im Hellenismus verknüpft. In diesen Perioden wurde z. B. die Technik der Gußeisenherstellung entwickelt. Es erfolgte eine fortschreitende Mechanisierung der Produktion, ohne daß es zur Entwicklung von Antriebsmaschinen gekommen wäre. Die vorherrschende Ausbeutung von Sklaven war dafür eine wesentliche Ursache. Mit dem Einsatz natürlicher Energiequellen, dem fließenden Wasser und dem Wind, wurde eine wesentlich neue Etappe der Technik eingeleitet. Im Hellenismus — in dem historischen Zeitraum, der zwischen der Eroberung von Teilen des Vorderen und Mittleren Orients durch die Heere des Makedonenkönigs *Alexander III.* („des Großen", 356 bis 323 v. z. Z.) und der endgültigen Unterwerfung Ägyptens, des letzten „hellenistischen" Reiches, durch Rom (30 v. u. Z.) liegt — wuchs das Interesse am technischen Fortschritt, der im Rahmen der bestehenden Gesellschaftsordnung allerdings auf enge Schranken stieß.
An der Wende zum 1. Jahrtausend finden sich handwerkliche Arbeitsmittel aus Stahl, wie Meißel, Feile, Säge und Zange. Der Stahl ermöglichte es, eiserne Achsen und Lager zu produzieren, die für Rollen, Flaschenzüge, Krane und anderes die Voraussetzungen bildeten.
Die griechische und römische Antike hat die weitere europäische Entwicklung entscheidend beeinflußt. [vgl. 2; S. 598—599] Die antiken Techniker und Ingenieure — Theoretiker wie Praktiker (Handwerker) — haben zwischen 500 v. u. Z. und 500 u. Z. die Entwicklung der Produktivkräfte wesentlich vorangetrieben, die Produktion nach Sortiment, Quantität und Qualität enorm gesteigert und dafür auch gesellschaftliche Achtung und Wertschätzung in der Öffentlichkeit gefunden, ungeachtet zeitweiser Abwertungen ihrer Position. Die hand- und hauswerkliche Technik übernahm die Antike dabei vorwiegend aus älteren Kulturen. Sie entwickelte nur wenige Hilfsmittel, die die Zeit überdauert haben, wie z. B. die Presse und das Wasserrad. Hauptbereiche technischen Schaffens in der Antike waren 1. Hebevorrichtungen, 2. Kriegstechnik, 3. Schiffbau, 4. Bergbau einschließlich Steinbrüche und Hüttenwesen, 5. Wasserbau einschließlich Rohrleitungen und Wasserradantriebe, 6. Straßen- und Brückenbau einschließlich Großbauten (Theater, Tempel, Thermen), 7. Heizungsanlagen.
Vitruv (etwa 90 bis 10 v. u. Z.) und *Heron* von Alexandreia (1. Jh. u. Z.) stehen als Beispiel für hervorragende Schöpfer technischer Leistungen der Antike.

In der römischen Kaiserzeit wurde (um 200 u. Z.) eine Ausbildung für den Ingenieurnachwuchs institutionalisiert und sogar subventioniert, aber unter die Architektur im weiteren Sinne gefaßt. In dieser Zeit konnten — da die Technik vor allem für Bedürfnisse des Staates eingesetzt wurde — Großanlagen wie Hafenbau, Entwässerung, Wasserleitung, Bergbau, Brückenkonstruktion und Straßenbau mit vielen Arbeitern und geringem technischem Aufwand ausgeführt werden. Erst der Verfall der Sklavereigesellschaft zwang zur Nutzung der Maschine, wenn eine Beschleunigung des Arbeitsprozesses unumgänglich war: Mähmaschine und Wassermühle sowie Wasserhebeanlagen im Bergbau sind dafür Beleg.

Bekannt sind die „Sieben Weltwunder", sieben Bau- und Kunstwerke der antiken Welt, die durch ihre Größe, Schönheit, Kostbarkeit oder Einzigartigkeit besonders hervorragten. Zu diesen „Weltwundern", die unterschiedlich zusammengestellt werden, gehörten der Koloß von Rhodos (bronzenes Standbild neben der Hafeneinfahrt von Rhodos, 37 m hoch, Innengerüst aus Eisen und Mauerwerk), die Pyramiden von Memphis und der Leuchtturm auf der Insel Pharos bei Alexandreia.

Das Erbe der Antike wurde zunächst von den Arabern bewahrt. [vgl. 1; S. 135—206] Unter dem Einfluß des Hellenismus übernahmen sie zunächst die klassischen Techniken und Wissenschaften Ägyptens, Persiens, Indiens und selbst Chinas und entwickelten sie weiter. Eigene arabische Leistungen sowie die Übernahme und systematische Ordnung des schriftlich überlieferten griechischen, persischen und indischen Wissens — auch in Hochschulen —, das im 8. und 9. Jh. durch zahlreiche Übersetzungen erschlossen wurde, führten zu beeindruckenden technischen Bauwerken. Im 10. Jh. wurden Spanien, einige oberitalienische Städte und — von dort ausgehend — breite Gebiete längs des Rheins, der Donau und der Nordseeküste zu Zentren eines neuen Aufschwungs der Produktivkräfte. In ihnen machte man sich die Kenntnisse der Araber nutzbar. Ihre Grundlage fanden diese sozialen Wandlungen, die zur völligen Durchsetzung der Feudalordnung führten, in der Überwindung feudaler Zersplitterung, der Entstehung von Städten und der Herausbildung ökonomischer Beziehungen zwischen einzelnen Territorien und gesamtstaatlichen Märkten. Die Zünfte, in denen die berufsmäßigen Handwerker vereinigt waren, entwickelten sich als neue Organisationsform der Produktion. Wichtige technische Neuerungen dieser Zeit waren das Kummet, mit dem die Zugleistung des Pferdes wesentlich erhöht werden konnte, ein neuer Pflug, der den Boden nicht mehr nur aufriß, sondern wendete, sowie Steigbügel, Hufeisen und Sattel, die u. a. zu einer neuen Kriegstechnik führten. Wasserrad, Wind- und Wassermühle wurden seit dem 12. Jh. wieder in Europa verwendet. Mit den Mühltriebwerken wurden Fallhammer und Pleuelstange verknüpft und so frühe Voraussetzungen für eine maschinelle Produktion geschaffen. Es finden sich Kurbel und Pedal. Gewichträderuhren, Spindel und Waage sind Erfindungen des Hochmittelalters. Die Theorie der gleichmäßigen Bewegung, die für die Konstruktion vieler Maschinen von Bedeutung wurde, fand in der Uhr ihr erstes Anwendungsgebiet. Ende des 13. Jh. begann mit der Erfindung des Handspinnrades die Mechanisierung der textilen Produktion. Sie wurde durch die (Wieder-)Erfindung des Tretspinnrades um 1530 vervielfacht. Die Drehbank wurde ab dem 12. Jh. immer mehr vervollkommnet. Ausgangs der Blütezeit des Feudalismus hemmten die Zünfte mit ihrer mehr kleinlich-rückständigen Organisation bereits den technischen Fortschritt. Die Namen *Albertus Magnus* (1193

bis 1280), *Roger Bacon* (1214 bis 1294), *Witelo* (um 1230 bis 1280), *Dietrich von Freiberg* (um 1230 bis 1311) und *Petrus Peregrinus von Maricourt* (13. Jh.) stehen für eine Reihe von Gelehrten, die, ausgehend von der Philosophie, im Mittelalter eigenständige einzelwissenschaftliche Leistungen erbrachten. Auch hinsichtlich von Wissenschaft und Technik stellt die Zeit des Feudalismus in Europa gegenüber der Sklaverei einen entschiedenen Fortschritt dar. [vgl. 3; S. 462—464]

Mit dem Begriff Renaissance bezeichnet man die Übergangsphase vom Feudalismus zum Kapitalismus. Sie erstreckt sich vom Ende des 14. bis zum Beginn des 17. Jh. „... von da an ging auch die Entwicklung der Wissenschaften mit Riesenschritten vor sich und gewann an Kraft, man kann wohl sagen, im quadratischen Verhältnis der (zeitlichen) Entfernung von ihrem Ausgangspunkt." [3; S. 313]

Die Verwendung der technischen Leistungen des Mittelalters ermöglichte die Entwicklung der Landwirtschaft, der Manufaktur, des Handels und ihre Verbreitung über immer größere Gebiete. Die materiellen Bedürfnisse des ökonomischen Fortschritts führten zur Weiterentwicklung der Technik, insbesondere des Bergbaus, der Kriegführung und Schiffahrt. In diese Periode fällt die Erfindung des Buchdrucks durch *Johann Gutenberg* (um 1400 bis 1468). Die Entdeckungsreisen verstärkten das Bedürfnis nach einer neuen, der Praxis zugewandten Philosophie. Ihre klassische Begründung vollbrachten *Francis Bacon* (1564 bis 1626) und *René Descartes* (1596 bis 1650). Die Wandlung in den wissenschaftlichen Ideen während der Renaissance lief auf eine Revolution in der Wissenschaft und des Weltbildes hinaus, in der das gesamte Gebäude der von den Griechen übernommenen und durch die Theoretiker des Islam wie des Christentums kanonisierten Vorstellungen verworfen und durch ein grundsätzlich neues System ersetzt wurde. Ein neues, quantitatives, atomistisches, außerordentlich erweitertes säkulares Weltbild trat allmählich an die Stelle des alten qualitativen, kontinuierlichen, begrenzten und religiösen. Das hierarchische Universum des *Aristoteles* (384 bis 322 v. u. Z.) mußte der mechanischen Welt *Isaac Newtons* (1643 bis 1727) weichen. Die Renaissance bezeichnete den bewußten Bruch mit der Vergangenheit. Vieles aus dem Feudalismus wurde zwar beibehalten, vieles aus der Antike sogar wiederentdeckt, doch insgesamt eine neue Richtung eingeschlagen. „Es war die größte progressive Umwälzung, die die Menschheit bis dahin erlebt hatte, eine Zeit, die Riesen brauchte und Riesen zeugte, Riesen an Denkkraft, Leidenschaft und Charakter, an Vielseitigkeit und Gelehrsamkeit." [3; S. 312] Handwerker und Gelehrte kamen sich in dieser Zeit näher, die handwerkliche Arbeit erfuhr wachsende Achtung. Künstler, Architekt und Ingenieur bildeten — wie z. B. in der Person *Leonardo da Vincis* (1452 bis 1519) — eine Einheit. Handwerker und humanistische Gelehrte arbeiteten in wachsendem Maße an der Bewältigung der geistigen Aufgabe der Renaissance: der Wiederentdeckung und Beherrschung der Kunst und der Natur sowie der Schaffung eines neuen Menschenbildes. Der Kompaß fand ab dem 15. Jh. in neuer Gestalt für die Seefahrt Verwendung. Seekarten und das nautische Astrolabium, Vorläufer des Sextanten, vervollständigten die Ausrüstung jener Schiffe, die den Seeweg nach Amerika und Indien entdeckten. Diese Entdeckungen hatten langanhaltende ökonomische und politische Wirkungen: „Die plötzliche Ausdehnung des Weltmarkts, die Vervielfältigung der umlaufenden Waren, der Wetteifer unter den europäischen Nationen, sich der asiatischen Produkte und der amerikanischen Schätze zu bemächtigen, das

Kolonialsystem, trugen wesentlich bei zur Sprengung der feudalen Schranken der Produktion." [5, S. 345] Die Schriften des *Georgius Agricola* (1494 bis 1555) verdeutlichen das Wesen der frühkapitalistischen Bergbautechnik. Große Verdienste um Bergbautechnik, Metallurgie, Gießerei- und Militärwesen u. a. erwarb sich *Vannoccio Biringuccio* (1480 bis 1537).

Als die Renaissance ihr Werk großenteils getan, ergriff die ursprüngliche Akkumulation, „der historische Scheidungsprozeß von Produzent und Produktionsmittel" [4; S. 742], vor allem England und schuf damit die Grundlagen für die Herausbildung einer neuen ökonomischen Gesellschaftsformation, des Kapitalismus.

Mit dem Übergang zur ursprünglichen Akkumulation des Kapitals ist der Niedergang der Zunftordnung und der Aufstieg der Manufakturperiode verbunden. Die Manufakturperiode währte von der Mitte des 16. bis zum letzten Drittel des 18. Jh. Ein Beispiel dafür, was Techniker in dieser Zeit an Neuem hervorbrachten, gibt in Deutschland *Jacob Leupold* (1674 bis 1727). Ob die Manufaktur verschiedene Handwerkszweige zu einem Produktionsorganismus zusammenfaßte oder früher selbständige Handwerker des gleichen Gewerbes zu Teilarbeitern machte, das ökonomische Ergebnis blieb das gleiche: Der Zwang zur Verkürzung der Arbeitszeit förderte die Entwicklung neuer Arbeitsmittel, differenzierte die Produktionsinstrumente entsprechend den Detailfunktionen des Arbeiters und brachte schließlich, vor allem in den vorbereitenden Prozessen, erste Maschinen hervor, denen vornehmlich die physisch schweren Funktionen-übertragen wurden. Mit der Übertragung der energetischen Funktionen an Maschinen waren geeignete Übertragungsmechanismen zu ersinnen und zu konstruieren. Schwungräder, Triebwellen, Zahnräder, Schäfte u. a. dienten dazu — abgesehen von der Muskelkraft — die Kraft des Windes und des Wassers auf die Werkzeuge zu übertragen, die schließlich den Arbeitsgegenständen jene Form und Zweckbestimmtheit gaben, die sich aus ihrer Verwendung herleitete. Die Manufakturen boten technischen Neuerungen ein ungleich größeres Wirkungsfeld als die Zünfte, obwohl sie auch noch auf dem Handwerk basierten. Mit der experimentellen Forschung des 17. Jh. zieht die Technik endgültig in die Wissenschaft ein. Die Wissenschaftlichen Gesellschaften – im 17. Jh. wurden u. a. die Académie des Sciences zu Paris (1666), die Royal Society zu London (1660) und 1652 die bis heute in Halle bestehende Gesellschaft der Naturforscher und Ärzte („Leopoldina") gegründet – vereinten oft experimentelle Naturforschung mit technischem Schaffen. Entscheidend neue technische Leistungen, die das Gesamtsystem der Produktivkräfte ergriffen und es zunehmend grundlegend umgestalteten, erbrachte erst die industrielle Revolution.

Literatur

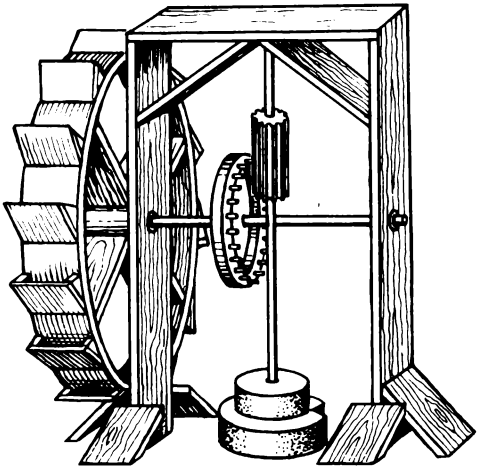
[1] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.

[2] *Wilsdorf, H.:* Technik. In: Lexikon der Antike. 2. neubearb. und erweit. Aufl., Leipzig 1977.

[3] *Engels, F.:* Dialektik der Natur. In: MEW, Bd. 20, Berlin 1962

[4] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 1. In: MEW, Bd. 23, Berlin 1962.

[5] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 3. In: MEW, Bd. 25, Berlin 1969.



Wasserradmühle
nach Vitruv

Vitruv (etwa 90 bis 10 v. u. Z.)

Vitruv ist der Verfasser der einzigen aus dem Altertum erhaltenen Fachschrift über Architektur, der „Zehn Bücher über Architektur" („De architectura libri decem"). Er vermochte Architektur zu studieren, besuchte verschiedene Orte Italiens, Griechenlands und Kleinasiens und machte sich mit den unterschiedlichen Bauweisen vertraut. Er diente im Heer des römischen Feldherrn *C. Iulius Caesar* (100 bis 44 v. u. Z.) als Poliorketiker, d. h. als Festungs- und Belagerungsbaumeister, und nahm an dessen Feldzügen in Spanien, Gallien und Britannien teil. In der gleichen Eigenschaft diente er auch *Caesars* Nachfolger *Augustus* (63 v. u. Z. bis 14 u. Z.). Um 33 v. u. Z. wurde *Vitruv* aus dem Heeresdienst entlassen und wirkte als Ingenieur beim Bau des Wassernetzes der Stadt Rom mit. Dabei machte er sich durch die Einführung neuer Rohrnormen und -systeme verdient. Von 33 bis 22 v. u. Z. arbeitete er an seinem Werk über die Architektur, das er *Augustus* widmete.

Vitruv wollte mit seinem um das Jahr 14 v. u. Z. erschienenen Werk ein allgemeines Programm für die kaiserlichen Bauvorhaben formulieren. Seinen Lebensabend konnte *Vitruv* in sozialer Sicherheit verbringen, da er bei seiner Entlassung aus dem Dienst des *Augustus* weiterhin ein volles Gehalt erhielt.

Außer der Leitung des Baues der Basilika von Fano, dem Bau von Geschützen und der Mitwirkung bei der Errichtung des römischen Wassernetzes hat *Vitruv* kaum weitere praktische Ingenieurarbeit geleistet. Er hob sich bewußt von anderen Architekten ab, indem er betonte, man solle Bauaufträge übernehmen, nachdem man darum gebeten wurde und nicht, nachdem man darum gebeten hat. [1; S. 259f.] Den Erwerb von materiellem Reichtum durch seine Arbeit hielt er für zweitrangig. Dagegen maß er der soliden wissenschaftlichen Ausbildung um so größeren Raum bei. [1; S. 259] *Vitruvs* Bemühen, Theorie und Praxis der Arbeit des Ingenieurs bzw. Architekten zu einer Einheit zu verbinden, kommt in seiner Bestimmung des Inhalts der Architektentätigkeit gut zum Ausdruck: „Des Architekten Wissen umfaßt mehrfache wissenschaftliche und mannigfaltige elementare Kenntnisse. Seiner Prüfung und Beurteilung unterliegen alle Werke, die von den übrigen

Künsten geschaffen werden. Dieses (Wissen) erwächst aus fabrica (Handwerk) und ratiocinatio (geistiger Arbeit). Fabrica ist die fortgesetzte und immer wieder (berufsmäßig) überlegt geübte Ausübung einer praktischen Tätigkeit. Sie hat eine Formgebung zum Ziel, die mit den Händen aus Werkstoff, je nachdem aus welchem Stoff das Werk besteht, durchgeführt wird. Ratiocinatio ist, was bei handwerklich hergestellten Dingen aufzeigen und verdeutlichen kann, in welchem Verhältnis ihnen handwerkliche Geschicklichkeit und planvolle Berechnung innewohnt. Daher vermochten Architekten, die unter Verzicht auf wissenschaftliche Bildung bestrebt waren, nur mit den Händen geübt zu sein, nicht zu einer, ihren Bemühungen entsprechenden Meisterschaft gelangen. Die sich hingegen nur auf die Kenntnis der Berechnung symmetrischer Verhältnisse und wissenschaftlicher Ausbildung verließen, scheinen lediglich einem Schatten, nicht der Sache nachgejagt zu haben. Die sich aber beides gründlich angeeignet haben, haben, da mit dem ganzen Rüstzeug ihres Berufes ausgestattet, schneller mit Erfolg ihr Ziel erreicht." [1; S. 23] *Vitruv* forderte vom Architekten weiter die Kenntnis von Stilistik, Graphik, Geometrie, Geschichte, Philosophie, Physik, Musik, Medizin, Rechtskunde und Astronomie. Die Architektur galt *Vitruv* als höchste Stufe aller Künste. [1; S. 31] Er trat mit dem Anspruch auf, sowohl ein allgemeines Architekturprogramm für den Kaiser als auch ein allgemeines Lehrbuch für Fachleute und Laien über alle Zweige der Architektur bzw. Ingenieurarbeit zu erarbeiten und sah seine „De architectura" als die Realisierung seines Zieles an. In seinem Werk demonstrierte er in der Tat die enzyklopädische Breite seines Wissens, seine Erfahrungen als Ingenieur, seine Leistungen als Erfinder und sein Talent als Zeichner technischer Illustrationen, die leider nicht mehr erhalten sind.

Vitruv unterteilte die Architektur in drei Teilgebiete: die Ausführung von Bauten, den Uhren- und den Maschinenbau. [1; S. 43] Er hielt sich in seinem Werk an diese Gliederung, lediglich die Bücher 2 und 8 weichen von ihr ab. *Vitruv* behandelt im Buch 1 von „De architectura" Wissen, Können und ästhetisches Urteil im Architektenberuf. Das Buch 2 beschäftigt sich mit allgemeiner Baustoffkunde. Die Bücher 3 und 4 haben den Tempelbau und die Beschreibung des dorischen, korinthischen, ionischen und tuskischen Stiles zum Gegenstand. Das Buch 5 ist öffentlichen Bauten, wie Markt, Theater, Rathaus, Gefängnis, Badeanstalt, Gymnasium, Hafen usw., das Buch 6 privaten Bauten, das Buch 7 dem Fassadenputz, Anstrich und der Farbenherstellung gewidmet. Im Buch 8 behandelt *Vitruv* Wasserbautechnik, d. h. den Bau von Wasserleitungen, Brunnen und Zisternen. Das Buch 9 beschäftigt sich mit Uhrenkonstruktionen und legt Grundsätze der Astronomie und Astrologie dar. Im Buch 10 von „De architectura" behandelt *Vitruv* schließlich die Grundsätze des Maschinenbaus und beschreibt Pflüge, Webgeräte, Waagen, Blasebälge, Drehbänke, Winden, Pressen, Kelter, Hebezeuge, Mühlen, die archimedische Schraube, Pumpen, die Wasserorgel, Geschütze und das Taxameter.

Vitruv war ein Vertreter der Kunst, Kultur und Technik der beginnenden römischen Kaiserzeit. Sie war vor allem durch die Hinwendung zum Bau einheitlicher architektonischer Ensembles gekennzeichnet. Gegenüber der griechischen zeichnete sich die römische Architektur aber durch die betonte Hinwendung zur Gestaltung des Innenraums der Gebäude aus. *Vitruv* betonte hierbei immer wieder die Prinzipien der Symmetrie, Proportion und Harmonie als Basis jeder Bautätigkeit. Er

betrachtete die besonderen lokalen Sitten und Bräuche, das Klima, die Bevölkerungszahl und die ökonomischen Aufwendungen als bestimmende Ausgangsbedingungen für die Planung von Bauvorhaben. Die wichtigsten Bauwerke im öffentlichen, nichtsakralen Bereich waren der Markt, das Theater, das Rathaus, die Basilika, die Badeanstalt und das Gymnasium. *Vitruv* schilderte sie sehr ausführlich. Der Markt bildete dabei den architektonischen Mittelpunkt, dem sich die meisten Gebäude anzupassen hatten. Den Schwerpunkt legte *Vitruv* in seinen Darlegungen aber auf die private Baukunst. Er behandelte sie, angefangen von der Standortbestimmung der Gebäude, über die Raumaufteilung und den Kellerbau bis zur Innenausstattung und künstlerischen Gestaltung der einzelnen Räume in den Büchern 6 und 7 seines Werkes. Im einzelnen stellte er hier die Pläne für den Bau von Höfen, Seitengemächern, Herren- und Speisezimmern, Schlaf- und Baderäumen dar. Für reichere Römer sah er die Ausführung von Gartenanlagen, Bibliotheken, Räumen für Gemäldesammlungen und großen Empfangshallen vor. Er differenzierte auch nach Stadt- und Landhäusern. Eine Vielzahl von Einzelheiten der technischen Ausführung von Bauten wurde von ihm aufgezeichnet. Es ist *Vitruvs* besonderes Verdienst, mit seinem Werk den Prozeß der Verschmelzung von griechischer und italisch-etruskischer Baukunst gefördert zu haben.

Besonderes Gewicht legte *Vitruv* auf die Beschreibung der Ziegelherstellung und der günstigsten Wahl des Mauerwerkes. Das in Rom noch häufig verwendete Fachwerk, das Opfer vieler Brände geworden war, wollte er am liebsten nicht erfunden wissen. [1; S. 117] Die Verwendung von Ziegeln und des Travertins, einer Kalksteinart, hatten aber erst die Errichtung der römischen Monumentalbauten ermöglicht, auf die *Vitruv* im Bewußtsein der Führungsrolle Roms auch besonders eingegangen war. *Vitruv* verlangte nicht die Verwendung eines bestimmten Baustoffes, da das von den natürlichen Bedingungen und den Absichten des Bauherrn abhinge. Bei der Beurteilung von Bauwerken sind seiner Meinung nach drei Kriterien zugrunde zu legen: saubere handwerkliche Arbeit, großzügige Ausstattung und architektonische Durchbildung. Der Ruhm des Architekten würde dann in jedem Fall durch die Symmetrien und Proportionen des Bauwerks bestimmt werden. [1; S. 299] Im Buch 8 von *Vitruvs* „De architectura" ist bei der Behandlung der Wasserbautechnik besonders die Beschreibung des Chorobaten, eines Nivellierungsinstrumentes, hervorzuheben. [1; S. 391 ff.] Mit dem Chorobaten wurde ein den bisher bekannten überlegenes Nivellierungsinstrument vorgestellt. Es war z. B. für Windstörungen nicht mehr so anfällig. [vgl. 2; S. 396 f.] Im achten Buch seines Werkes erklärt *Vitruv* weiterhin den Bau von Wasserleitungen aus Blei und Ton, wobei er den Ton wegen seiner geringeren gesundheitsschädigenden Auswirkungen vorzieht. [1; S. 339] Im Buch 9 beschreibt *Vitruv* den Aufbau und die Funktionsweise von Sonnen- und Wasseruhren. Dabei beruft er sich auf die Erfindungen anderer. Als Erfinder der Wasseruhr nennt er *Ktesibios* (geb. um 300 v. u. Z.).

Die Grundsätze des Maschinenbaus und die Beschreibung einer Vielzahl von Maschinen, Instrumenten und Geschützvorrichtungen sind im Buch 10 von „De architectura" enthalten. Am Anfang des ersten Kapitels dieses Buches steht die formelhafte Definition einer Maschine: „Eine Maschine ist ein beständiges, (in sich geschlossenes), aus Holz zusammengesetztes Gebilde, das besonders befähigt ist, Lasten zu bewegen. Sie wird durch kreisförmige Bewegungen, die die Griechen

kyklike kinesis nennen, künstlich in Bewegung gesetzt. Die erste Art ist die Steigemaschine, die auf griechisch akrobatikon heißt; die zweite Art ist die durch Luftdruck in Bewegung gesetzte, die bei ihnen pneumatikon heißt; die dritte Art ist die Zug-Hebemaschine. Diese aber nennen die Griechen baroulkon." [1; S. 459f.] Unter Steigemaschinen hat man sich Hochsitze mit Zugangsleitern vorzustellen. Im weiteren erklärt *Vitruv*, daß alle mechanischen Bewegungen auf der Kombination von geradlinigen und kreisförmigen Bewegungen beruhen. [1; S. 475ff.] Er beschreibt im einzelnen die oben genannten Vorrichtungen, Maschinen und Instrumente. Bemerkenswert ist die Beschreibung einer Getreidemühle, die durch ein unterschlächtiges Wasserrad angetrieben wird. Das unterschlächtige Wasserrad findet sich erstmalig im 1. Jahrhundert v. u. Z. in Kleinasien. [1; S. 484ff.] In den letzten Kapiteln des zehnten Buches stellt *Vitruv* verschiedene Arten von Katapulten, Ballisten, Belagerungsmaschinen, Türmen und Befestigungsanlagen vor, die den erfahrenen Geschützbauer und Belagerungsfachmann erkennen lassen. Gerade den Darstellungen des zehnten Buches ist anzumerken, daß *Vitruv* die Vielzahl von technischen Verfahren, Instrumenten und Vorrichtungen nicht durchgängig nach bestimmten allgemeinen Gesetzen und Regeln theoretisch zu erklären vermochte. Im Unterschied zu der ausgewogenen Darstellung in den Kapiteln über Architektur überwiegt die Aufzählung und Beschreibung. Hierin spiegelt sich der Entwicklungsvorsprung der Architektur gegenüber der kaum theoretisch durchdrungenen Mechanik in der Antike wider. Auffällig ist auch, daß *Vitruv* gerade *Archimedes* (um 287 bis 212 v. u. Z.) bei den Darstellungen der Mechanik nicht erwähnt. Hinsichtlich der Beherrschung der Theorie bedeuten die Arbeiten des Mathematikers und Ingenieurs *Heron von Alexandreia* (1. Jh. u. Z.) gegenüber *Vitruv* einen großen Fortschritt.

An vielen Stellen läßt *Vitruv* seine Vertrautheit mit der griechischen Philosophie erkennen. Er beruft sich auf *Demokrit* (460 bis 371 v. u. Z.), *Platon* (427 bis 347 v. u. Z.), *Pythagoras* (etwa 540 bis 500 v. u. Z.) und *Aristoteles* (384 bis 322 v. u. Z.). Ihm erschien es wichtig, daß der Architekt eine gute Kenntnis der Philosophie besaß, um sich immer nach den Grundsätzen der Moral und Ethik eines bescheidenen Lebens und den Gesetzmäßigkeiten der Gesamtnatur richten zu können. [1; S. 27f.] Die Kenntnis der Naturgesetze war für ihn eine Grundbedingung des technischen Schaffens. Der Natur sprach *Vitruv* eine universelle schöpferische Kraft zu, die die Eigenschaften, das Entstehen und Vergehen und die Existenz aller Dinge bestimme. Die mechanischen Vorrichtungen sah *Vitruv* als Nachbildungen der „planmäßig mechanisch erfolgenden Umdrehungen" der Planeten an. [1; S. 461f.] Für den Architekten sei die Kenntnis der Naturzusammenhänge darum wichtig, weil er aus der lokalen Flora und Fauna auf das Mischungsverhältnis der vier „Grundelemente" Feuer, Wasser, Luft und Erde schließen könne. Deren harmonische Mischung oder nichtharmonische Zusammensetzung bestimmen nach *Vitruv* die Wahl der Baustoffe und die Anlage der Bauten überhaupt. Flora und Fauna dienten dem Architekten also als Indikatoren. Die menschliche Kultur ist nach *Vitruv* aus der Erkenntnis- und Lernfähigkeit der Menschen, aus der Erfindung des Häuserbaues und der Pflege der Wissenschaften entstanden. [1; S. 81ff.] Neben der naturalistischen und wissenschaftlichen Herangehensweise findet sich bei *Vitruv* auch der Glauben an einen Gott oder mehrere göttliche Wesen, die im Verein mit

der Natur die Geschicke auch der Menschen bestimmten. Die von ihm beschriebenen Tempelbauten sah er als die „heiligen Gebäude der Götter" an. [1; S. 137] Insgesamt ist aber im Denken des Architekten und Erfinders *Vitruv* ein deutlicher Erkenntnisoptimismus zu spüren, der auf der Aneignung der Erkenntnisse der Wissenschaft beruht.

Vitruvs Wirkung auf seine Zeitgenossen war gering, wenn er auch nie vergessen wurde. Erst in der Feudalepoche und vor allem in der Renaissance begann die umfassende Rückbesinnung auf diesen bedeutenden römischen Architekten und Techniker. 1486 erschien in Italien der erste Druck der „Zehn Bücher über die Architektur". *Vitruv* galt der gesamten Renaissance als der große Klassiker der Baukunst. 1542 wurde in Rom sogar eine Academia Vitruviana gegründet. Die Renaissancebaumeister bemühten sich vor allem um die Entwicklung des Kuppel- und Gewölbebaues und von artilleriesicheren Festungswerken, die bei *Vitruv* gar nicht oder nur unvollkommen beachtet wurden.

Lebensdaten zu Vitruv. Seine Zeit

Etwa 90 v. u. Z.	Geburt des *Vitruv*
58 bis 50 v. u. Z.	Eroberungszüge des römischen Feldherrn und Staatsmannes *C. I. Caesar* in Gallien und Britannien, an denen *Vitruv* als Festungs- und Belagerungsbaumeister teilnahm
55 v. u. Z.	Errichtung des ersten steinernen Theaters in Rom unter dem Bauherrn *Pompejus* (106 bis 48 v. u. Z.)
45 v. u. Z.	Teilnahme *Vitruvs* am Feldzug *Caesars* in Spanien
44 bis 33 v. u. Z.	*Vitruv* nimmt, wiederum als Festungs- und Belagerungsbaumeister, auf der Seite des *Augustus* an den römischen Bürgerkriegen teil
33 v. u. Z.	Entlassung *Vitruvs* aus dem Heeresdienst und Beginn der Mitwirkung am Bau des Wassernetzes der Stadt Rom
33 bis 22 v. u. Z.	*Vitruv* erarbeitet seine Schrift „De architectura libri X"
14 v. u. Z.	„De architectura libri X" erscheint
Etwa 10 v. u. Z.	Tod des *Vitruv*

Literaturverzeichnis zu Vitruv

[1] *Vitruv:* Zehn Bücher über Architektur. Lat. u. dt., hrsg. v. C. Fensterbusch, Berlin 1964.

[2] *Neuburger, A.:* Die Technik des Altertums. Leipzig 1919 (Reprint Leipzig 1977).

[3] Paulys Realencyclopädie der classischen Altertumswissenwissenschaft. Neue Bearbeitung begonnen von G. Wissowa, fortgeführt von W. Kroll, K. Mittelhaus, K. Ziegler, 2. Reihe, 17. Halbbd., Stuttgart 1961, S. 427—489.

[4] Autorenkollektiv (Leitung R. Müller): Kulturgeschichte der Antike. Bd. II Rom, 2., durchges. Aufl. Berlin 1982, S. 281f.

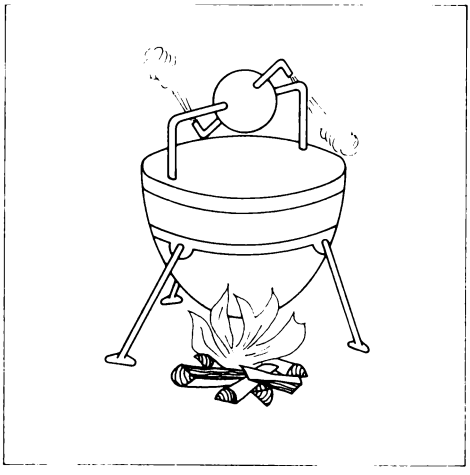
[5] *Zinserling, G.:* Abriß der griechischen und römischen Kunst. 3. Aufl., Leipzig 1977, S. 286—302.

[6] *Ebhardt, B.:* „Die zehn Bücher der Architektur" des Vitruv und ihre Herausgeber seit 1484 mit einem Verzeichnis der vorhandenen Ausgaben ... Berlin 1919.

Heron von Alexandreia (1. Jh. u. Z.)

Heron, mit dem Beinamen „der Mechaniker", war ein späthellenistischer griechischer Ingenieur, Erfinder, Mathematiker und Vermessungstechniker. Er wirkte in der unter römischer Herrschaft stehenden griechischen Stadt Alexandreia in Ägypten. *Heron* hat sich infolge seines pädagogischen Anliegens, im gesamten Ingenieurbereich Wissen an Anfänger zu vermitteln, mit Geometrie, Stereometrie, Vermessungslehre und Optik beschäftigt. Seine eigentlichen „Hauptfächer" waren aber Mechanik, Hydrostatik (Anwendung von Flüssigkeiten zur Erzeugung von Bewegung und zur Übertragung von Kraft), Pneumatik (Luftdruckmessung), Automatenbau, Maschinenbau und Geschützkonstruktion. *Heron* stand in der Tradition der hellenistischen Wissenschaft seines Faches und war sich bewußt, auf den Leistungen aufzubauen, die Wissenschaftler und Erfinder wie *Archimedes* (um 287 bis 212 v. u. Z.), *Ktesibios* (geb. um 300 v. u. Z.), *Eratosthenes* (282 bis 202 v. u. Z.), *Philon von Byzanz* (um 230 v. u. Z.) und andere erzielt hatten. Von seinen Vorgängern übernahm er die Idee einer Einbeziehung der Mathematik als unerläßlicher Grundlage zur Lösung technischer Aufgaben. Er erwarb sich hierbei besondere Verdienste. Davon zeugt die Heronsche Formel für die Berechnung des Flächeninhalts eines Dreiecks, dessen Seitenlängen bekannt sind. *Heron* stand aber auch in den Traditionen der griechischen Philosophie der Aristoteliker und der Stoiker, doch hat er dabei keine tieferen Untersuchungen angestellt. Eine Grenze war ihm und seinem Beruf durch die Struktur der späthellenistischen Gesellschaft gezogen, die nur im engen Bereich von drei Hauptgebieten — Militärtechnik, Bautechnik, Bergbautechnik — zielstrebig nach Neuerungen suchte, aber sonst keine Maschinen zur Ablösung von Arbeitskräften anstrebte, da Sklaven beliebig zur Verfügung standen. *Herons* technische Leistungen liegen, abgesehen vom artilleristischen Bereich der Geschützkonstruktionen und vom baumechanischen der Hebezeugkonstruktionen, in dem weiten Gebiet der Kleinmechanisierung und des Automatenspielzeugs. Er hat erstmals die Kraft des Wasserdampfs in den Dienst der „Unterhaltungstechnik" gestellt, die er aus dem großen Feld der Technik ausgliederte und in einer 75 Einzelkonstruktionen behandelnden Schrift „Automatopoiiké" (Automatentheater) mit beigegebenen Konstruktionszeichnungen darstellte. Hierzu gehören Apparaturen, die durch Luftdruck, durch Schnüre zur Fernsteuerung und durch Gewichtverlagerung in Bewegung versetzt werden, — zur Überraschung der Zuschauer. Die Priesterschaften großer Tempel waren vielfach Auftraggeber für Mechanismen, die als Zeugnis für „göttliche Gnade oder Ungnade" dienen konnten und sollten. Die Naturforscher führten darüber schon um 300 v. u. Z. Klage.

Unter *Herons* Automaten nimmt der Vorläufer unserer seit 1888 konstruierten Warenautomaten eine besondere Stellung ein: Beim Einwurf einer Münze hob deren Gewicht eine Klinke. Dadurch flossen einige Tropfen aus dem „Weihwasserautomaten"! Die „Automatopoiiké" ist ebenso wie *Herons* Arbeit über „Druckwerke" („Pneumatica": Luft-, Wasser-, Dampf-, Heißluft-Druckwirkungen) für die Beurteilung der antiken Ingenieurleistungen besonders wichtig, weil beide die einzigen erhaltenen Reste eines einst umfangreichen Schrifttums sind; sie unterstreichen die große Wertschätzung, die die Herstellung von Automaten durch den antiken Ingenieur in seiner Zeit fand. Das mit Dampf betriebene Spielzeug hätte



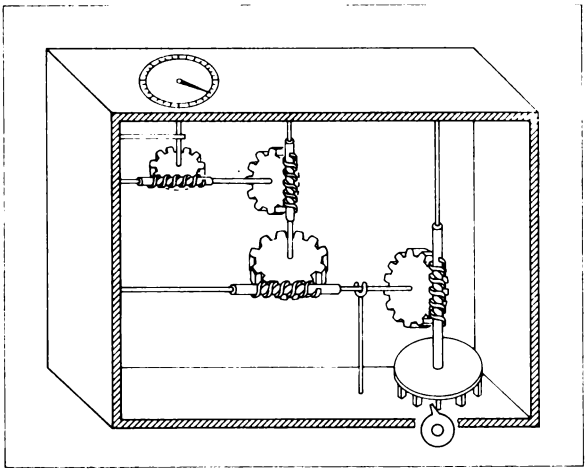
Herons Dampfkreisel

[vgl. 7] unter Benutzung vorhandener technischer Einzelteile (Ventile, Klappen, Umsteuerungen) zur Arbeit leistenden „Dampfmaschine" weiterentwickelt werden können. Da aber der gesellschaftliche Auftrag und das gesellschaftliche Bedürfnis fehlten, konnte die theoretische Möglichkeit nicht genutzt werden.

Heron sucht in der Einleitung zu den „Druckwerken" eine Theorie des Vakuums zu begründen. Sie war viel genauer als die des *Aristoteles* (384 bis 322 v. u. Z.) und konnte erst von *E. Torricelli* (1608 bis 1647) ersetzt werden. Den Ausgleich der durch technische Eingriffe erzeugten Vakua führte *Heron* auf den „horror vacui" zurück, d. h. auf das Bestreben aller Körper, einem entstehenden Vakuum entgegenzuwirken, wie das am Nachfließen des Wassers in einem luftleer gemachten Heber deutlich wurde. *Heron* vermittelt ganz nebenbei implizit eine erstaunliche Leistungsfähigkeit der Glastechnik. An praktischen Konstruktionen führt *Heron* die seit *Ktesibios* weiterentwickelten Wasserorgeln, die automatische Tempeltrompete, Vexiergefäße aller Art, Heronsball und Heronsbrunnen vor. Der Heronsball ist ein von *Heron* betriebenes wassergefülltes Gefäß, aus dem der Luftüberdruck das Wasser treibt. Zum Betrieb seines Brunnens und einer Feuerspritze verwendete *Heron* auch die Pumpe und das Klappenventil — beides Erfindungen des alexandrinischen Ingenieurs.

Herons Schrift über artilleristische Konstruktionen („Belopoiika": Wurfmaschinen) ist nur eine aus dem teilweise erhaltenen Schrifttum zur Militärtechnik. Abgesehen von Argumenten, die den Nutzen der Militärtechnik für die zu gewinnende Seelenruhe des Menschen unterstreichen, zeichnet sich diese Schrift durch die wissenschaftliche Durchdringung der handwerklichen Technik aus. So forderte z. B. die mathematische Behandlung der Konstruktionen bei *Heron* vom Ingenieur die Lösung von Kubikwurzeln. So weit ging außer *Heron* keiner der namhaften Geschützkonstrukteure der Antike.

Herons wichtigste Schrift ist wohl die nur arabisch überkommene „Mechanik". Ihre Bedeutung ergibt sich vornehmlich aus ihren auf den Bedarf des Anfängers ausgerichteten methodisch-systematischen Angaben über die allgemeine Zielsetzung der Mechanik als Theorie und Praxis. Zwei Drittel der Schrift dienen der Be-



Herons Wegemesser

gründung des Vorrangs der angewandten Mathematik gegenüber der philosophisch-theoretischen wegen ihres Nutzens zur Lösung von technischen Problemen, die das Alltagsleben stellte. In Buch III dieser großen Arbeit behandelt *Heron* den Kranbau für das Bauwesen, Pressen und Quetschwerke für die Agrartechnik (auch mit dem gesondert erörterten Schraubenantrieb) und Transportmittel, darunter eine Bergbahn für den Steinbruchbetrieb. Zu allen Konstruktionen werden die handwerklichen Voraussetzungen genauestens angegeben, während die allgemeine Theorie der einfachen Hilfsmittel — Hebel, Rad, Flaschenzug, Keil und Schraube — und Überlegungen über Schwerpunkt, Drehmoment, Stützung vorangestellt sind. Außerdem verfaßte *Heron* noch eine spezielle Schrift über die Mechanisierung des Lastenziehens durch Zahnradsysteme, den „Barulkos", die ganz ähnlich die Theorie der Zahnradwirkung mit den praktischen Hinweisen auf die Zahnradherstellung im Handwerksbetrieb verband.

Den zu seiner Zeit notwendigen Präzisionsinstrumenten widmete *Heron* seine nicht-erhaltene Schrift über Uhrenbau und die erhaltene über das Vermessungsinstrument („Dióptra"). Bei diesem Instrument handelt es sich um einen „Theodoliten" mit Visiereinrichtung, klappbar auch für astronomische Zwecke. Die feinmechanischen Einzelteile sind ebenso exakt beschrieben wie die Verwendungsmöglichkeiten bei Kanal- und Tunnelbauten, kartographischen Aufnahmen, nautischen Peilungen, Winkelmessungen auf der Erde und am Himmel. Am Schluß dieser Schrift folgt eine kleine Abhandlung über einen „Wegemesser", wie er heute noch dem Kilometerzähler zugrunde liegt. Aufbau und Funktion der im Wechsel ineinandergreifenden Teile, die zurückgelegte Entfernungen aus der Zahl der Radumdrehungen auf einer Scheibe mit Skala ablesbar machten, sind sehr klar angegeben. Ein entsprechendes Instrument entwickelte *Heron* auch für Schiffsreisen. Die erzielbare Genauigkeit dürfte hier aber sehr gering gewesen sein. *Heron* hat diese sinnreiche Konstruktion nicht erfunden, sondern nur verbessert, denn bereits *Vitruv* beschrieb das für die römischen Straßen ausgezeichnet geeignete Instrument.

Weitere Einzelschriften widmete *Heron* der Grundlagenwissenschaft — Mathematik, Geometrie, Stereometrie und den praktisch im Ingenieurberuf notwendigen

Rechenoperationen — Bruchrechnung, irrationale Wurzeln, Kreisberechnungen und Berechnungen höherer Kurven (in einer Spezialschrift über „Gewölbebau"). Es ist zu betonen, daß für *Heron*, der uns einen Kommentar zu *Euklid* (um 365 bis um 300 v. u. Z.) hinterließ, die Beweisführung an erster Stelle stand. Dazu hat er sogar das von den Griechen sonst kaum herangezogene Experiment zur „Wahrheitsfindung" eingesetzt. Ein von *Heron* konstruierter Siphon wies einen dünnen Schenkel zum halbgefüllten Vorratsgefäß auf und einen kurzen dicken nach außen, der hoch über dem Wasserstand endete. Nach der Theorie hätte das „viele" Wasser außen ausfließen und von innen Wasser nachsaugen sollen. Das Gegenteil aber trat ein, das Wasser lief „verkehrt" durch den Siphon nach innen — weil natürlich der Luftdruck wirkte. *Herons* methodisches Vorgehen entspricht durchaus einer modernen Versuchsanordnung: Eine Theorie wird überprüft durch die Schaffung eines Apparates, der die theoretischen Aussagen widerspiegelt — das Ergebnis des Versuchs zwingt bei negativem Erfolg zur Verwerfung der Theorie. Den griechischen Technikern waren Versuchsanordnungen zur Überprüfung der Theorie zwar nicht fremd, aber auch nicht so unumgänglich wie für die Gegenwart.

Heron hat vieles wissenschaftlich begründet, manche Neuerung gemacht, vor allem aber umfassend dargelegt, was damals durch den Ingenieur realisierbar war. Er orientierte den Landwirt wie den Offizier, die auf Präzisionsinstrumente angewiesenen Berufe, die „Liebhaber" technischer Spielereien und die auf „Wunderwirkung" bedachte Priesterschaft. Dadurch bot er mehr Ergebnisse als der landwirtschaftliche Fachschriftsteller *Columella* (23 bis 79 u. Z.), als der den Fortschrittsglauben auf die Naturwissenschaft gründende *L. A. Seneca* (4 v. u. Z. bis 65 u. Z.), als der umfassend und mitunter sehr exakt technische Anlagen beschreibende *Plinius* (24 bis 79 u. Z.) und auch mehr als der ältere *Vitruv*.

Was *Heron* und seinen mehrfach von ihm benutzten, manchmal zitierten Vorgänger *Philon von Byzanz* auszeichnete, war das Streben, zur Verwirklichung einer jeden technischen Leistung das für die handwerkliche Fertigung am besten geeignete, auf Material und Kosten Rücksicht nehmende Verfahren zu finden. Daraus resultiert, daß seine Schriften in den Werkstätten selbst benutzt, aber auch verbessert, ergänzt, verändert wurden. Darunter mußten Text und Zeichnungen leiden; sie bereiten dem heutigen Leser daher manche Schwierigkeit hinsichtlich der Rekonstruktion des ursprünglichen Herangehens *Herons*. Sie sind bisher nur von wenigen Forschern durchgearbeitet worden, die über die erforderlichen griechisch-arabisch-lateinischen Sprachkenntnisse und das mathematisch/technische Sachverständnis verfügen, so daß *Herons* Werke noch intensiver Untersuchung bedürfen.

Euklids und *Herons* Werke bildeten über Jahrhunderte die Hauptgrundlage des Studiums der Mathematik und Mechanik.

Lebensdaten zu Heron von Alexandreia. Seine Zeit

30 v. u. Z.	Einnahme Alexandreias durch die Römer. Ägypten wird römische Provinz und Privatbesitz des jeweiligen Kaisers
27 v. u. Z. bis 284 u. Z.	Zeitalter des Prinzipats als spezifisch römische Form der Monarchie

Um 50 bis 65 u. Z.	*Heron* verfaßte seine mathematischen und technischen Werke
54 bis 68 u. Z.	Herrschaft des Kaisers *Nero*. Entfaltung einer umfangreichen Bautätigkeit

Literaturverzeichnis zu Heron von Alexandreia

[1] Heronis Alexandrini opera quae supersunt omnia. Griechisch und deutsch, Vol. I—V Leipzig, I ed. W. Schmidt 1899, II ed. L. Nix — W. Schmidt 1900, III ed. H. Schöne 1903, IV ed. L. Heiberg 1912, V ed. L. Heiberg 1914 (I: Druckwerke und Automatentheater — II: Mechanik und Katoptrik — III: Vermessungslehre und Dioptra — IV: Definitionen geometrischer Benennungen und geometrische Abhandlungen — V: Stereometrie, Bestimmung von Maßen und Berechnungen).

[2] Heronis Alexandrini Metrica, griechisch, ed. E. M. Bruins, Leiden 1964.

[3] *Heron von Alexandreia:* „Belopoiika" griechisch und deutsch, hg. H. Diels — E. Schramm (= Abhandl. der kgl. Preuß. Akademie der Wiss. Berlin, Jg. 1918, phil.-hist. Kl. Nr. 2: Reprint H. Diels — E. Schramm: Heron und Philon. Leipzig 1970)

[4] Lexikon der Antike. Hrsg. von J. Irmscher, 4. Aufl. Leipzig 1978, S. 234.

[5] Autorenkollektiv (Leitung R. Müller): Kulturgeschichte der Antike. Bd. I Griechenland, 3. Aufl., Berlin 1980, S. 387—403; Bd. II Rom, 2. durchges. Aufl. Berlin 1982, S. 423—428.

[6] *Diels, H.:* Antike Technik. 3. Aufl., Leipzig 1924.

[7] *Landels, J. G.:* Die Technik in der antiken Welt. München 1980.

[8] *Wilsdorf, H.:* Technisches Denken. In: Geschichte des wissenschaftlichen Denkens im Altertum. Von einem Autorenkollektiv unter Leitung von F. Jürß, Berlin 1982. (Ich danke dem Verfasser für Hinweise und seine Darlegungen.)

Johann Gutenberg (etwa 1400 bis 1468)

Johann Gensfleisch zur Laden wurde in den letzten Jahren des 14. Jahrhunderts im „Hof zum Gutenberg" in Mainz am Rhein geboren. Das genaue Geburtsjahr ist unbekannt; nicht unwahrscheinlich ist das Jahr 1397, vielfach wird 1400 angegeben. [1; S. 18] Nach katholischer Sitte findet man den Johannistag, den 24. Juni, seinen Namenstag, als Geburtstag angegeben.

Gutenberg entstammt einem angesehenen Mainzer Patriziergeschlecht, das sich nach seinem Herrenhaus „zum Gensfleisch" nannte. Sein Vater, *Friele Gensfleisch zur Laden* (1372 bis 1419) heiratete in zweiter Ehe *Else Wierisch zur Steinern Krame* (um 1386 bis 1433), die Tochter eines Häuserbesitzers und Kaufmanns. Johann war das jüngste von drei Kindern. Die äußere Erscheinung *Gutenbergs* ist unbekannt. Bildnisse aus späterer Zeit stellen ihn mit wallendem Bart dar. Neuere Forschungen bestreiten diese Darstellung, weil zu seiner Zeit lange Bärte von Pilgern und Juden getragen wurden.

Über *Gutenbergs* Jugend ist ebenfalls wenig bekannt. Ihm wird eine gute humanistische Bildung zugesprochen. Als Patriziersohn hat er kaum eine handwerkliche Lehre absolviert. Er muß großes handwerkliches Talent besessen und sich in der Jugend Kenntnisse in verschiedenen Metallhandwerken angeeignet haben. In der Goldschmiedezunft wurde er als Zugeselle genannt. [1; S. 17] Für letzteres kann die Mitgliedschaft von Familienangehörigen, so auch des Vaters, in der Münzhaus-

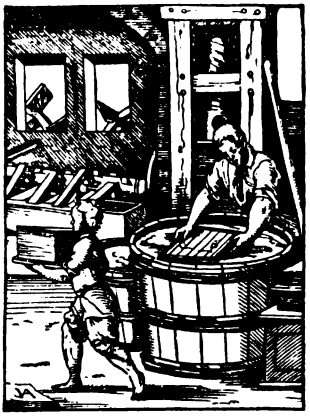
Johann Gutenberg

genossenschaft ausschlaggebend gewesen sein. In jungen Jahren erteilte *Gutenberg* bereits Unterricht und nutzte so sein handwerkliches Können und seine Kenntnisse für Erwerbszwecke.

Um 1423 war *Gutenberg* in Auseinandersetzungen zwischen den oppositionellen Zünften und dem Stadtpatriziat der Freien Stadt Mainz, die zugleich Bischofssitz war, verwickelt. Dabei errangen die Zünfte ökonomische und politische Positionen, die patrizische Standesvorrechte einschränkten. Viele Geschlechter des Patriziats, so auch die *Gutenbergs*, verließen die Stadt und wurden daraufhin in die Acht getan. Der Streit fand 1430 sein Ende (Mainzer Rachtung), aber *Gutenberg* kehrte erst 1448 zurück. Aus dem Erscheinen einer Inkunabel wird verschiedentlich für die Jahre nach 1430 auf *Gutenbergs* Aufenthalt in Basel geschlossen. Von 1434 bis 1444 befand er sich in Straßburg. Während dieser Zeit führte *Gutenberg* mit der Stadt Mainz einen Rechtsstreit um die Wiedererlangung von Rentenzahlungen, die ihm nach dem Verlassen der Vaterstadt gesperrt worden waren. Er muß ihn gewonnen haben, denn Mainzer Stadtrechnungsbücher weisen ab 1436 wieder Zahlungen an ihn aus. *Gutenberg* wurde 1437 in Straßburg durch eine Edelfrau in eine Klage wegen nicht eingelöstem Eheversprechen verwickelt. Sein Name ist auch 1444 in den Listen der Goldschmiede im Aufgebot der Stadt gegen drohende Söldnerscharen (Armagnaken) verzeichnet.

Aus diesen Jahren weisen Gerichtsakten nach, daß *Gutenberg* handwerklichen Unterricht erteilte und in Geheimabsprache mit Geschäftsteilhabern verschiedene handwerkliche Unternehmungen betrieben hatte. Ob es sich dabei auch um die Edelsteinschleiferei und Spiegelherstellung handelte, ist umstritten. Aus Prozeßakten wird geschlußfolgert, daß sich *Gutenberg* um 1440 in Gemeinschaft mit wenigen Eingeweihten bereits mit dem „Trucken und vas dazu gehöret" beschäftigte. [2; S. 133–256] Ist aus Steuererklärungen und einer Bürgschaftsübernahme auch zu ersehen, daß *Gutenberg* in Straßburg Vermögen besaß, müssen diese Jahre für ihn doch als geschäftlich erfolglos gelten. Beim St.-Thomas-Stift hatte er bei der Rückkehr nach Mainz noch 60 Denare Schulden. In Mainz war 1448 eine Darlehensaufnahme von 150 Gulden wieder seine erste, uns bekannte Erwähnung.

Der Papyrer.



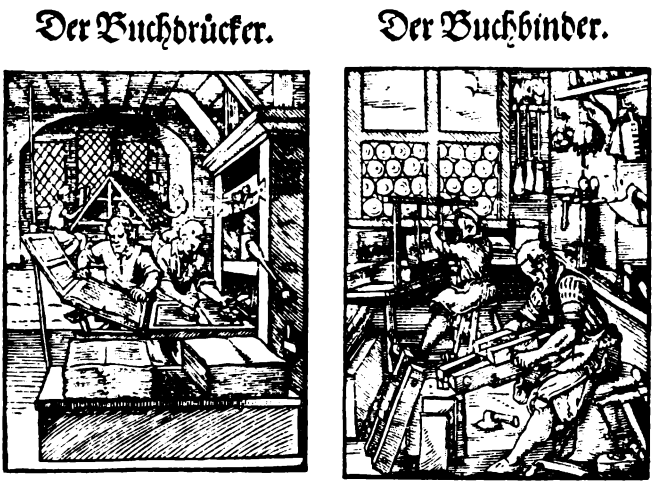
Der Schrifftgieſſer.

Die geheimgehaltenen Künste, die *Gutenberg* in kleiner Gemeinschaft bereits in Straßburg betrieben und gelehrt hatte, das Bestellen einer Presse 1438 bei einem Drechsler und neuere Abschätzungen der Arbeitszeit für die Herstellung von Lettern, den Satz und Druck seiner bekannten Werke im Vergleich mit Angaben im *Helmaspergers*chen Notariatsinstrument von 1455 [1; S. 41] sprechen dafür, das Jahr 1440 als das Jahr der Erfindung der Buchdruckerkunst anzusehen. (Das nach dem ausfertigenden Notar *Ulricus Helmasperger* benannte Dokument ist ein vereinzeltes Aktenstück aus dem Prozeß, den *Johann Fust*, der Gläubiger und Geschäftspartner *Gutenbergs*, gegen diesen anstrengte. Es enthält das Protokoll über die Eidesleistung, durch welche *Fust* seine Schuldforderung erhärtete, um einen bedingten Urteilsspruch des Mainzer Stadtgerichtes gegen *Gutenberg* rechtskräftig zu machen. Diesem Protokoll ist vorangestellt der Wortlaut des Urteilsspruches sowie ein Referat über die Klage *Fusts* und die Verantwortung *Gutenbergs*. Mit einer Aufschrift auf der Rückseite der pergamentnen Urkunde liegt möglicherweise ein Autograph *Gutenbergs* vor. [2; S. 200, 202])

Eine genaue Datierung der frühen Inkunabeln ist sehr schwierig, weil sie keine Angaben über Zeit und Ort ihres Drucks enthalten. So ist es wahrscheinlich, daß erste Versuchsdrucke bereits in Straßburg erfolgten. Sehr oft wird aber auch 1450 als Jahr der Erfindung angegeben.

In Mainz gründete *Gutenberg* mit dem Kaufmann *Johann Fust* (um 1400 bis 1466) und dem Schriftkünstler und fähigsten seiner Schüler und Gehilfen *Peter Schöffer* (um 1425 bis 1502/03) jene Druckwerkstatt, aus der die ersten Meisterwerke des Buchdruckes mit beweglichen Lettern hervorgingen. *Fust* verlieh an *Gutenberg* 1450 und 1452 je 800 Gulden, die er 1455 vor der Vollendung der 42zeiligen Bibel einklagte. *Gutenberg* verlor dabei seinen Geschäftsanteil an der Druckerei (vgl. *Helmaspergers*ches Notariatsinstrument). Die Werkstatt wurde von *Fust* und *Schöffer*, ab 1467 Schwiegersohn *Fusts*, weitergeführt.

In die Lebenszeit *Gutenbergs* fielen Umstürze kirchlicher und politischer Gewalten und das Aufblühen der Städte als Voraussetzung für neue Gewerbeentwicklungen. In Deutschland bildeten sich in den Manufakturen Elemente kapitalistischer Ver-



hältnisse heraus; Gebiete des Reiches wurden zum Zentrum der Metallverarbeitung. Es gab im Reich kapitalkräftige Handelsgesellschaften mit einem großen geographischen Aktionsraum.

Die Gründung der Universitäten in Europa, beginnend im 12. Jh. mit Paris, die verstärkte Auseinandersetzung der hellenistisch-christlich tradierten mittelalterlichen europäischen Kultur mit der islamisch-arabischen, neue geographische Entdeckungen und damit verbundene Entwicklungen des Handwerks, des Handels und der Wissenschaften entwickelten das Bedürfnis nach mehr und billigeren Büchern.

Die Erfindung des Buchdrucks förderte die Verbreitung religiöser Werke, insbesondere der Bibel, wie auch jener Schriften, die die Emanzipation des Denkens gegenüber der Kirche beschleunigten. Die Beschreibungen künstlerischer und handwerklicher Arbeitsgänge wurden allgemein zugängig. „Erst die gedruckten Bücher machten es möglich und dann notwendig, daß die Handwerker lesen und schreiben lernten." [3; S. 217f.]

Die Papierherstellung war in Europa bekannt und eine Voraussetzung für die schnelle Ausbreitung des Buchdrucks. Im 13. Jh. entstanden Papiermühlen in Spanien, dann in Frankreich, Böhmen und 1389 die Gleismühle an der Pegnitz am Nürnberger Stadtrand. [4; S. 169f.]

Bereits vor *Gutenberg* waren Vervielfältigungsverfahren für Bild und Schrift bekannt. Hieroglyphen wurden in Stein geschlagen, Papyrus bereits mit einer Buchstabenschrift versehen. Diese Technik war dem Eindrucken von Schriftzeichen in Tontafeln überlegen. Mit Tontafeln zu drucken, d. h. eine Spiegelschrift zu entwickeln, kam nicht zustande, da sich der unebene Papyrus für den Aufdruck von Schriftzeichen schlecht eignete. Die Gewinnung des Pergaments aus Tierhäuten und seine Beschriftung waren in der griechischen Antike bekannt. Aber der Niedergang dieser Kultur und auch die teure Herstellung ließen dieses Material keine massenweise Verbreitung für eine Drucktechnik finden. Bewegliche Holzlettern waren im 11. Jh. in China bekannt und Metallettern wurden im 14. Jh. in Korea verwendet. Diese Kenntnisse verbreiteten sich ebenfalls in Europa bereits lange bevor *Guten-*

berg zu drucken begann. Man verwendete Holztafeln, Metall- und Ledermodeln. Es entstanden Spielkarten, Tapeten, Heiligenbilder und Ablaßzettel. Goldschmiede gebrauchten zur Herstellung von Siegel- und Münzstempeln bewegliche Einzelbuchstaben, die auch zu Wörtern und Sätzen gefügt werden konnten. Buchbinder benutzten zum Prägen von Inschriften auf Einbänden zusammengesetzte Metallstempel. Aus den ersten Jahrzehnten des 15. Jh. existieren Blockbücher als eine Holzschnittfolge. In ihnen dominiert die bildliche Darstellung. Die Schrift ist eng an das Bild, seinen Inhalt und seine Herstellung gebunden. Die zeitaufwendigen und teuren Holzschnitte eigneten sich nicht für eine massenhafte Herstellung von Büchern. Blockbücher entstanden in der Zeit, in der *Gutenberg* bereits an seiner Erfindung arbeitete. Als „Vorläufer" im Sinne einer Evolution des Buchdrucks kann man sie nicht werten. [5; S. 20] Erst durch *Gutenberg*, der den einzelnen Buchstaben als Grundlage für das Drucken erkannte, wurde es möglich, das gewachsene Bedürfnis nach Büchern zu befriedigen. Er beherrschte Techniken des Gravierens, Stempelschneidens und Prägens; als Goldschmied wußte er um die Herstellung von Metallpunzen. Seine erfinderische Leistung liegt im Erkennen der neuen technischen Möglichkeiten, in der Lösung eines komplexen technischen Problems, seiner meisterhaften Ausführung und kaufmännischen Nutzung.

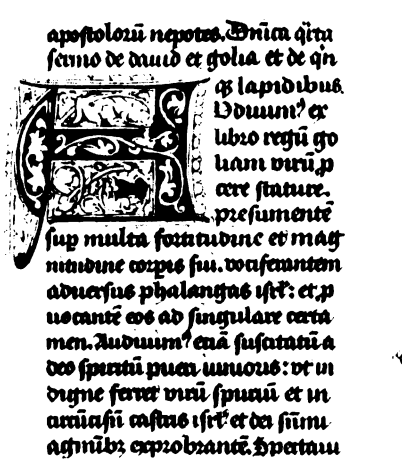
Gutenberg schuf die gegossene Letter und die zu ihrer Herstellung im Metallguß notwendige Grundform: die Matrize. Damit war es möglich, eine Grundform in beliebiger Anzahl abzugießen, zu kopieren, zu vervielfältigen. Für die Verwirklichung seiner Erfindung mußte er ein Gießinstrument entwickeln und auch eine Metallegierung für die Lettern finden, die einem vielfachen Abdruck widerstand. Seine Kombination von Blei, Antimon und Zinn ist heute noch im Gebrauch.

Weiter schuf er den „Setzlöffel" oder „Winkelhaken", der es ermöglichte, die Buchstaben zu Zeilen fest aufzureihen. Dieses Gerät wird heute noch im Handsatz benutzt. Die Annahme, daß *Gutenberg* anfangs mit Holzbuchstaben gearbeitet hätte, erscheint auf Grund seiner Kenntnisse und seines Geschicks in einschlägigen Metallhandwerken nicht zutreffend.

Versuche waren notwendig, um Erkenntnisse über eine benötigte hölzerne Druckpresse zu erlangen, die *Gutenberg* vom Straßburger Drechslermeister *Conrad Saspach* anfertigen ließ. Ihr Urbild ist in heute gebräuchlichen Handpressen wiederzufinden. Die bekannten Schreibtinten eigneten sich nicht für den Druck, und es mußte eine geeignete Farbe gefunden werden. Ebenso war ihr gleichmäßiges Auftragen mittels halbrunder Druckballen (Tampone) auf die Satzform zu erlernen.

Viele Elemente der Drucktechnik waren einzeln bekannt. Die herausragende Leistung *Gutenbergs* besteht in der Konstruktion des Gießapparates, der es ermöglichte, Buchstaben in beliebiger Anzahl für den Druck bei gleichbleibender Güte herzustellen, in der zweckmäßigen Zusammenfügung bekannter Verfahren zu einem neuen Druckverfahren und in der Erfindung jener Techniken, die seine Nutzung ermöglichten. Somit bildet *Gutenbergs* Erfindung auch einen Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Vielzahl von Techniken und Berufen; Setzer, Drucker, Zeichner, Redakteure u. a.

Gutenbergs Tat ist nicht allein das Resultat einer Evolution vorhandener Techniken; er schuf Neues, das in seiner Zweckbestimmung vorher nicht vorhanden war: „Mit



Missal-Handschrift aus dem 15. Jh.

Ausschnitt aus einer Seite der 42zeiligen Gutenberg-Bibel

der Erfindung des Buchdrucks sehen wir ein geniales Verfahren entstehen, das wie kein zweites kombinatorisches Denken erforderte und die ökonomischen Wirkungen voraussah, die mit seiner Einführung verbunden waren. *Gutenberg* ist nicht nur einer von vielen genialen Erfindern gewesen, wie sie die Renaissance hervorbrachte, er war zugleich ein weit vorausschauender Technologe. In seiner Werkstatt gab es bereits einen arbeitsteilig-organisierten Produktionsprozeß, in dem von der Vorfertigung — Stempelherstellung, Matrizenschlag und Letternguß — über das Setzen bis zum Ausdruck ein Arbeitsgang mit dem anderen verzahnt war." [4; S. 171] Neben dieser technischen Arbeitsteilung gehörte noch ein Papierlager, die Satz- und Drucktechnik, die Lagerhaltung des Bedruckten, das Gestalten, Ordnen der Seiten und die Buchbinderei zu jenen Produktionselementen, die großes kaufmännisches wie technologisches Geschick erforderten.

Was *Gutenberg* gedruckt hat, ist nicht ganz eindeutig festzustellen. Als älteste Typen sind die für die Donat- und astronomischen Kalenderdrucke (1447) verwendeten nachgewiesen. *Alius Donatus'* (4. Jh.) „Ars grammatica", unterteilt in eine „Ars minor" für den Elementarunterricht und eine „Ars major" für die höhere Stufe, war im ganzen Mittelalter als „Donat" die Grundlage für den Lateinunterricht in Westeuropa und seit dem 15. Jh. in zahlreichen Handschriften und Drucken verbreitet. Mit den erwähnten Lettern ist um 1457/58 auch die 36zeilige Bibel gesetzt worden. In den Jahren 1452 bis 1455 entstand die 42zeilige Bibel, *Gutenbergs* bedeutendste drucktechnische und künstlerische Leistung. Mit der Herstellung des dafür notwendigen umfangreichen Schriftsystems muß *Gutenberg* vor 1450 begonnen haben, als *Schöffer* noch Schönschreiber an der Pariser Universität war und so keine wesentlichen Arbeitsanteile auf ihn zurückgehen.

Die ersten größeren Druckerzeugnisse waren liturgische Werke. Insbesondere forderte die Bibel, „das Buch der Bücher", die kunsthandwerkliche Meisterschaft des Druckers heraus. Die Gestaltung der Lettern orientierte *Gutenberg* an der Form handgeschriebener Buchstaben. Sie war eine genial typisierte Nachempfindung des Handgeschriebenen. So wurzelte das erste gedruckte Schriftbild im zeitgemäßen ästhetischen Empfinden und trug dann selbst zu dessen Formung bei.

Die bis dahin unerreichte Typografie gelang *Gutenberg*, indem er Varianten für alle Buchstaben und Zeichen schuf: insgesamt 290 (heute sind etwa 100 üblich). Der Druck des dreifarbig gestalteten Mainzer Psalters von 1457 aus der Werkstatt von *Fust* und *Schöffer*, bei dem höchstwahrscheinlich die roten und blauen Initialanteile gleichzeitig mit der Schwarzform gedruckt wurden, wird ebenfalls noch *Gutenbergs* Können zugeschrieben.

Für die *Gutenberg*forschung gibt es noch ungelöste Probleme. [8] Nach der Pfändung und dem Verlust seines Werkstattanteils 1455 verblieben *Gutenberg* nur die Materialien, die er vor der Partnerschaft mit *Fust* besaß, Donattype und Typen der 42zeiligen Bibel. Unsicher ist, ob *Gutenberg* nochmals eine eigene Druckerei besessen hat. Von ihm hinterlassenes Druckgerät war nicht mehr sein Eigentum. [2; S. 233] Seine finanziellen Schwierigkeiten bestanden weiter. Aus dem Jahre 1462 gibt es eine Forderung des Straßburger Thomas-Stifts nach ab 1458 nicht gezahlten Zinsen.

Mit dem Jahr 1465 wird *Gutenberg* vom Kurfürst *Adolf von Nassau* zum Hofmann ernannt und erhält bis an sein Lebensende jährlich Kleidung, Korn und Wein; von Diensten und Abgaben wird er befreit. Am 3. Februar 1468 starb *Gutenberg* in Mainz. Die näheren Umstände seines Todes sind unbekannt. Schilderungen über ein gewaltsames Ende verbindet man eher mit dem 1462 umgekommenen Bruder. [6; S. 1]

Bis um 1500 entstanden in Europa in 260 Städten mehr als 1 100 Druckereien. Gesellen *Gutenbergs* und *Fusts* wirkten in anderen Städten weiter. Es erschienen an die 40 000 verschiedene, heute noch bekannte Drucke, Flugschriften, Bücher. Ihre Auflagenhöhe wird mit je 100 bis 1 000 Stück angegeben, und die Schätzungen der Gesamtzahl schwanken um 10 Millionen Exemplare. Für die Verbreitung der Reformation war der Buchdruck ein wichtiges Mittel. Das Buch wurde ein Massenmedium mit kulturell und ökonomisch umwälzenden Wirkungen. [7; S. 73]

Lebensdaten zu Johann Gutenberg

Um 1400	In Mainz geboren
1425 bis 1430	Kämpfe zwischen Patriziern und Zünften. *Gutenberg* verläßt Mainz
1434 bis 1444	*Gutenberg* in Straßburg
1448	*Gutenberg* wieder in Mainz
1450 bis 1452	Gutenberg leiht Geld von Johann *Fust* · Druckwerkstatt *Gutenberg/Fust*
Um 1452	Symbolum Apostolicum (Blockbuch)
1454	Druck des „Türkenkalenders" für das Jahr 1455
1455	*Fust* klagt gegen *Gutenberg*, dieser verliert seinen Werkstattanteil
1455	Druck der 42zeiligen Bibel beendet
1457	Druckwerkstatt *Fust/Schöffer*
1462	Das Thomas-Stift zu Straßburg verklagt *Gutenberg* wegen rückständiger Zinsen
1465	*Gutenberg* wird vom Kurfürsten *Adolf von Nassau* zum Hofmann ernannt
1463 bis 1470	Biblia Pauperum. Mehrere Auflagen als Blockbuch
1468	*Gutenberg* stirbt am 3. Februar in Mainz

[1] *Kästner, I.:* Johannes Gutenberg. 3. Aufl., Leipzig 1984 (Biografien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 37).
[2] *Scherbach, K.:* Die urkundlichen Nachrichten über Johannes Gutenberg. In: Festschrift zum fünfhundertjährigen Geburtstage von Johann Gutenberg. Im Auftrage der Stadt Mainz hrsg. von O. Hartwig, Mainz 1900.
[3] *Bernal, J. D.:* Die Wissenschaft in der Geschichte. 3. bearb. Aufl., Berlin 1967.
[4] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.
[5] Gutenberg und die Frühzeit seiner Kunst. Ausstellung zum Gedenken seines Todes vor 500 Jahren. Wien 1968.
[6] *Schaefer, H.:* Uff sant blasinstag starp der ersam meister Henne Ginßfleisch. Gutenbergs Leben und Werk im Widerstreit der Forschungen. In: Marginalien, Blätter der Pirckheimer-Gesellschaft, Berlin-Weimar, Neunundzwanzigstes Heft, April 1958, S. 1—14.
[7] *Kapr, A.:* Johannes Gutenberg. Tatsachen und Meinungen. Leipzig 1977.
[8] *Schmidt-Künsemüller, F. A.:* Gutenbergs Schritt in die Technik. In: Der gegenwärtige Stand der Gutenberg-Forschung. Hrsg. von H. Widmann, Stuttgart 1972.

Leonardo da Vinci (1452 bis 1519)

Leonardo da Vinci wurde am 15. April 1452 als unehelicher Sohn eines später angesehenen Florentiner Notars in Anchiano in der Nähe des kleinen toscanischen Bergortes Vinci geboren. Seine Mutter war ein Bauernmädchen. Um 1469 siedelte *Leonardo* mit seinem Vater nach Florenz über. *Andrea del Verrocchio* (1436 bis 1488), einer der besten Künstler der Stadt und zugleich ein kundiger Ingenieur, war *Leonardos* erster Lehrer. 1472 wurde *Leonardo* in die Florentiner Lukas-Gilde als Maler aufgenommen, war aber noch bis mindestens 1476 in *Verrocchios* Werkstatt tätig. Aus seiner ersten Florentiner Zeit besitzen wir von *Leonardo* eine Reihe von Zeichnungen und — unvollendete — Gemälde. 1482 tritt *Leonardo* aufgrund eines Bewerbungsschreibens in den Dienst des Herzogs von Mailand. In diesem Schreiben [vgl. 1; S. 889—891] empfiehlt *Leonardo* in zehn Punkten seine außergewöhnlichen, ja einmaligen Kenntnisse als Ingenieur im Kriege und in Friedenszeiten. Lediglich zwei Nachsätze verweisen auf seine Fähigkeiten als Maler und Bildhauer. *Leonardo* hat hier ein Programm gegeben, das er im Verlaufe seines Lebens „abzuarbeiten" suchte.

In den fast zwei Jahrzehnten Mailänder Aufenthalts ist *Leonardo* ein gesuchter Gutachter für bau-, wehr- und wasserbautechnische Fragen. Eine große Rolle spielt er auch als Festdekorateur und Regieführer bei großen Hoffestlichkeiten, Fürsten- und Adelshochzeiten. *Leonardo* betreibt in der Mailänder Zeit wissenschaftliche Studien zur Anatomie des Menschen, zur Botanik, Zoologie, Physiologie, zur Mathematik, Physik und zur Mechanik. Nach dem Sturz des 1499 von den Franzosen vertriebenen Herzogs flieht *Leonardo* aus Mailand. Über Venedig und Mantua kehrt er im April 1500 nach Florenz zurück und betreibt eine Malerwerkstatt. Ab Mai 1502 ist er zehn Monate erster Festungsbau- und Kriegsingenieur des

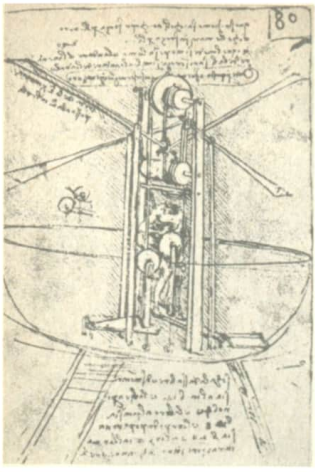
Selbstbildnis
Leonardo da Vincis
um 1512

päpstlichen Heerführers *Cesare Borgia* (1475 bis 1507). Im Rahmen dieser Tätigkeit entsteht ein Großteil jener berühmten Landkarten und Stadtpläne, die eine Vorwegnahme der modernen Kartographie bedeuten. Bei *Cesare Borgia* lernte er auch *Niccolo Machiavelli* (1469 bis 1527) kennen, zu dem er während seines folgenden Aufenthaltes in Florenz nähere Beziehungen unterhielt. 1503 kehrt *Leonardo* nach Florenz zurück, wo er als Staatsauftrag bis 1506 an dem — unvollendet gebliebenen — monumentalen Wandgemälde „Die Schlacht von Anghiari" arbeitet. 1503 entsteht die berühmte „Mona Lisa". Zunehmend wendet sich *Leonardo* wissenschaftlichen Problemen zu: Mathematik, Astronomie, biologische, hydrologische und physikalische Studien beschäftigen ihn. Schon in Mailand begonnene Experimente über den Flug des Menschen führen ihn jetzt zu einem systematischen Studium des Vogelfluges; es entsteht sein „Traktat über den Flug der Vögel". Im Juni 1506 geht *Leonardo*, gerufen vom Statthalter des Königs von Frankreich, *Charles d' Amboise* (1460 bis 1511) nach Mailand zurück. Hier wirkt er von 1506 bis 1513 vorwiegend als Berater des Statthalters für geplante Bauten, Statuen usw. Von 1513 bis 1516 weilt *Leonardo* in Rom. Auch hier beschäftigt er sich mit anatomischen, mathematischen und mechanischen Studien. Im Januar 1517 nimmt *Leonardo* eine Einladung König *Franz I.* (1494 bis 1547) nach Frankreich an. In der königlichen Residenz Amboise ist er vorwiegend als Ratgeber *Franz I.* tätig. Er entwirft u. a. ein großes Schloß- und Gartenprojekt, von dem Teile im Schloß von Chambord (fertiggestellt 1534), einem der ersten Renaissancebauten, verwirklicht werden. *Leonardo da Vinci* stirbt am 2. Mai 1519 in Amboise.

Leonardo — Maler, Bildhauer, Baumeister, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Ingenieur in einer Person — gehört zu den genialsten Künstlern, enzyklopädischsten Wissenschaftlern und produktivsten Erfindern der Renaissance. Sein universaler Geist und steter Erkenntnis- und Schaffensdrang ließen ihn, der nie eine Universität besuchte, bedeutende Leistungen auf den verschiedensten Gebieten hervorbringen. Viele Überlegungen zu Mechanismen und Maschinen blieben Entwurf. Sie mußten z. T. zwangsläufig beim Entwurf stehenbleiben, denn vielfach fehlten die wissenschaftlichen, technischen und technologischen Vor-

aussetzungen sowie gesellschaftlichen Bedürfnisse für ihre Realisierung. Seine Skizzenbücher und Blätter sind voll von Architekturzeichnungen aus allen Perioden seines Lebens. Diese Zeichnungen umfassen Wehr- und Städtebau, Sakral- und Profanbauten, architektonische Formen- und Konstruktionslehre. „Von keinem Baumeister vor Leonardo sind Architekturzeichnungen in solchem Reichtum aller Spielarten baulichen Denkens und Entwerfens erhalten." [2; S. 86] Er war mehr ein Theoretiker denn ein Praktiker der Baukunst. In Mailand wirkte er 17 Jahre gemeinsam mit *Donato Bramante* (um 1444 bis 1514), dem größten Baumeister seiner Zeit. In *Leonardos* Architekturzeichnungen finden sich die Grundformen der planen und perspektivischen Architekturzeichnung der Renaissance im wesentlichen ausgebildet. Er fußt hier stark auf Erkenntnissen des universellen Gelehrten *Leon Battista Alberti* (1404 bis 1472).

Leonardo beschäftigte sich mit der Festigkeit von Bauten und suchte nach einfachen mathematischen Formeln auf diesem Gebiet, brachte die Standfestigkeit der Mauern mit der Festigkeit des Baugrundes in Verbindung und gab auch hierbei, *Alberti* folgend, einige Vorsichtsmaßregeln. Noch mehr interessierten ihn die Ursachen von Einstürzen. *Leonardo* gelang es, „Gesetze über die Durchbiegung von Trägern sowie Normen für die Festigkeit von quadratischen, runden, frei aufliegenden oder an einer oder an beiden Seiten eingespannten Balken und über die Festigkeit der von den Baumeistern so gefürchteten zusammengesetzten Tragebalken aufzustellen." [5; S. 249] Für die horizontalen Träger mit quadratischem Querschnitt, die an ihren Enden auflagen, hat *Leonardo* gefunden, daß die Festigkeit im Verhältnis zur Dicke und im umgekehrten Verhältnis zur Länge des Balkens steht, was eine gute Annäherung an die wirklichen Werte bedeutet. Er berechnete die Durchbiegung von Trägern mit quadratischem Querschnitt, die in ihrer Mitte belastet wurden. Diese Forschungen hat *Robert Hooke* (1635 bis 1703) wieder aufgenommen. *Leonardo* hat sich auch mit der praktischen Ausführung und der Theorie des steinernen Bogens beschäftigt sowie um Gesetze der Festigkeit von Säulen bemüht. Er führte Berechnungen von Gerüstteilen durch und untersuchte die statischen Verhältnisse bei Kuppeln, Gewölben und Säulenhallen. Zweifellos hat *Leonardo* nach anwendbaren Zahlenverhältnissen gesucht. Er entwickelte das Projekt einer Idealstadt. In der unteren Stadt sollte sich auf großen Kanälen (von denen zur unmittelbaren Aufnahme jeglicher Abfälle Abzweigungen unter die einzelnen Häuser führen), der wirtschaftliche Verkehr abspielen, während die Oberstadt ausschließlich den Annehmlichkeiten des städtischen Lebens dienen sollte. Rampen und Wendeltreppen stellen die Verbindung zwischen Ober- und Unterstadt her. *Leonardo* gibt genaue Anweisungen über die Breite der Straßen, über die Notwendigkeit, Häuser nicht zu dicht aneinander zu bauen, über erforderliche hygienische und soziale Maßnahmen usw. *Leonardos* Skizzenbücher sind auch voll von Entwürfen für Kriegsgerät jeglicher Art; er erdenkt — oft antiken, Jahrhunderte vergessenen Überlegungen folgend — Waffen aller Formen, auch riesige Wurfmaschinen, die trotz ihrer Größe nur von einem Mann zu bedienen sind. Ebenso erfinderisch ist er auf dem Gebiet des Pionierwesens; er skizziert eine Vielzahl von Schnellbüchsen, von provisorischen Verteidigungsbauten und Sturmgerüsten (die aus leicht beweglichen Einzelteilen in kürzester Zeit auf- und abgebaut werden können), mehrläufige Geschütze — Vorahnungen der Mitrailleuse — u. a. Schnellfeuerwaffen. Er arbeitete



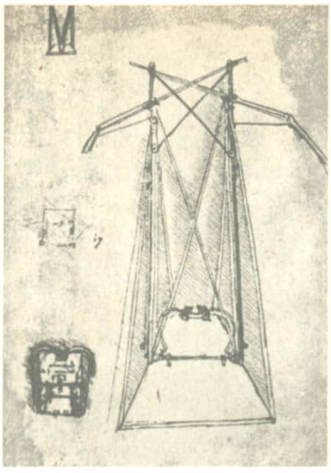
Flugmaschine; die Bemerkungen in der von Leonardo für seine Aufzeichnungen ausschließlich benutzten Spiegelschrift

Studie zum Flügel einer Flugmaschine

an der Vervollkommnung des Hinterladersystems und der beweglichen Lafette, die das Zielverfahren verbessert. Auch entwickelte er eine Vorform des Panzerwagens, der durch ein automatisches Getriebe bewegt wird. In diesem Zusammenhang hat sich *Leonardo* mit der Ballistik beschäftigt und die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Flugbahn der Geschosse für die Artillerie wie für den Festungsbau verwendet. Er ist aus — wenngleich unzulänglichen — ballistischen Erwägungen heraus von der Kugelform des Geschosses zur eigentlichen Form der Granate übergegangen und hat diese sogar — um der Einwirkung des Luftwiderstandes zu begegnen — mit Flügeln ausgestattet.

Leonardo hat auch als Naturwissenschaftler systematisch gearbeitet, große Schöpferkraft entfaltet, eilte seiner Zeit vielfach voraus, und viele seiner Erkenntnisse und Anregungen wurden später neu gewonnen. So betrieb er zunächst Körperstudien, offensichtlich für die Malerei, um von da aus zur Anatomie des Menschen vorzudringen. Bei seinen Architektur-Entwürfen unternimmt er gleichzeitig statische Untersuchungen. *Leonardo* machte optische Versuche und stellte Linsen her; dazu konstruierte und baute er geeignete Schleifmaschinen. Er arbeitete über Festigkeit, um sich für seine Maschinen oder Bauten die notwendigen Unterlagen zu verschaffen und führte systematische Untersuchungen über die gleitende und rollende Reibung durch. Dabei fand er nicht nur noch heute gültige Zahlenwerte über den Reibungskoeffizienten, sondern auch die Gesetzmäßigkeiten bei der Reibung überhaupt. Er bewegte sich damit in Bereichen, die erst *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646 bis 1716) mit seiner Differentialrechnung erschließen sollte.

Wegen seiner Kanalbauten und Flußregulierungen sowie seiner Entwürfe von Flugapparaten hat sich *Leonardo* mit Strömungen und deren Kraftwirkungen beschäftigt. „Leonardo da Vinci ist einer der ersten gewesen, die sich mit der Entstehung eines Flußbettes befaßt haben." [5; S. 254] Aus der Geschwindigkeit der Ströme zog er Rückschlüsse auf das Alter der Flußläufe. Er schenkte der Entstehung und der Wirkung der Strudel, wie sie sich in fließenden Gewässern bilden, große Aufmerksamkeit. Von der Beobachtung der Strudel gelangte er auf das



Mechanismus einer Flugmaschine

Geschützgießerei

Problem der Turbulenz des Wassers. *Leonardo* ist es sogar gelungen, durch genaue Beobachtung die einzelnen Lamellen eines Wasserfalls zu unterscheiden und in herrlichen Zeichnungen nachzubilden, was erst moderne photographische Aufnahmen wiedergeben konnten. Er hat sich auch für die Nutzung der Wasserfälle und der Strudel bei der Anlage von Wassermühlen interessiert und eine Reihe von theoretischen Problemen dabei exakt formuliert. Bei ihm finden sich bereits die Ideen für Fallschirme, Flugzeuge, Hubschrauber, Taucher und U-Boote. Für den Segelflug hat er gewisse Verhaltensmaßregeln und wesentliche theoretische Voraussetzungen mit Rücksicht auf Aufwind, Luftlöcher, Bodengestaltung usw. gegeben. Aus seinen Beobachtungen über Strömungen, das Verhalten von Fischen und Wasservögeln kommt er zum Vorschlag einer künstlichen Schwimmflosse für den Menschen. *Leonardo* skizzierte mehrere „Schwimmgürtel" (Rettungsgürtel), „Schwimmschilder" (Schlauchboote), er hat Taucheranzüge und Nasenklammer mit einer Schlauchverbindung vom Mund des Tauchers zur Oberfläche angegeben. Seine Vorschläge über Unterwasserfahrzeuge hielt er geheim, „um Morde im und auf dem Meere" zu verhindern. [4; S. 33]

Leonardo war ein hervorragender Experimentator. Er verlangte die Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse, erst dann könne man ihnen trauen, Schlüsse ziehen und Gesetze aufstellen. [vgl. 4; S. 27]

Leonardos von technischen Studien angefüllte Skizzenbücher — er hinterließ über 2000 Zeichnungen und Entwürfe, von der flüchtigen Skizze bis zum sorgfältig und mit allen Details versehenen Schema — bezeugen, daß er ein Meister der angewandten Mechanik und frühen Maschinentheorie war. Er hat eine Fülle von Maschinen für den Schiffsantrieb, Bohr- und Textilmaschinen, Pressen, Hammer- und Walzwerke, Hebezeuge, Pumpen, Bagger, Kraftmaschinen für Wasser, Wind und Feuergase, Schleifmaschinen, Drehbänke, Getriebe aller Art mit vielen neuartigen Maschinenelementen entworfen. Bei *Leonardo* finden wir den Schiffskompaß und seine Aufhängung in zwei voneinander unabhängigen, senkrecht zueinander stehenden Achsen (von der jetzt üblichen schwimmenden Lagerung wird abgesehen). Durch diese gelenkige Aufhängung bleibt der Kompaß

unabhängig von der schlingernden, rollenden und stampfenden Schiffsbewegung. Heute sprechen wir von einer cardanischen Aufhängung, denn erst 1571 hat sie *Hieronymo Cardano* (1501 bis 1576) beschrieben. *Leonardo* verwendete dieses Prinzip bereits als Gelenkwelle bei verschiedenen Antrieben, z. B. bei seiner Nähnadelschleifmaschine. Übrigens wurden nach der von *Leonardo* angegebenen Methode erst wieder seit dem 19. Jh. Nähnadeln erfolgreich geschliffen. Auch für starkgliedrige Gelenkketten, wie wir sie heute an Fahrrädern, Motorrädern und Kranen sehen, gibt *Leonardo* Skizzen. Ein origineller „Wecker" ist von *Leonardo* erdacht worden, der auf der Verwendung der Relaiswirkung beruht. [vgl. 1; S. 622, 8] Er fertigte auch Skizzen zu Blechwalzwerken. Dabei ist zu bedenken, daß damals nur Zinn oder Blei zu walzen oder Gold auszukämmen waren. *Leonardo* ordnete Gegenwalzen an, um die Hauptwalze an der Durchbiegung zu hindern und die Lagerung zu entlasten. Dieses Prinzip gilt in seiner Anwendung bis zu modernen Walzwerken. *Leonardos* Skizzen zum Feilenhauen, Bohren und Zylinderschleifen sind ebenfalls sehr originell. Der vielseitige Renaissance-Ingenieur erfand eine Feuerluftmaschine, die ersten atmosphärischen Kolbenmotoren. Die ersten Verbrennungskraftmaschinen im heutigen Sinne, die im 19. Jh. gebaut wurden, beruhten auf dem gleichen Prinzip. Die Idee des von den Brüdern *Jacques-Etienne* (1745 bis 1799) und *Joseph-Michel Montgolfier* (1740 bis 1810) realisierten Warmluftballons findet sich schon bei *Leonardo*. Was Leonardos „Dampfmaschine" angeht, so war *Herons* (1. Jh. u. Z.) Dampfkugel im ganzen Mittelalter bekannt. Originell ist bei *Leonardo* hier nichts. Er hat aber eine Theorie von der Entstehung des Vakuums durch Kondensation von Wasserdampf aufgestellt.

Leonardo hat vieles nur skizziert, fast nichts ist bei diesem großen Ingenieur durchkomponiert. Vieles ist bei *Leonardo* Widerspiegelung des Kenntnisstandes seiner Zeit und wird nur deshalb vorrangig *Leonardo* zugeschrieben, weil er zugleich der berühmte Maler war und die Quellenlage hinsichtlich seiner Ingenieur-Kollegen weniger gesichert ist. Es läßt sich zeigen, „daß, außer der Flugmaschine, einigen Textilmaschinen und der Maschine zum Schleifen von Spiegeln, alles oft direkt von seinen Vorgängern übernommen wurde". [5; S. 210] Was *Leonardo* von seinen Zeitgenossen unterscheidet, ist sein Genie, sein Wissenshunger, mit dem er diese Forschungen betreibt, sein Bestreben, das Beobachtete bis ins kleinste kennenzulernen und qualitativ wie quantitativ zu vertiefen bzw. zu vergrößern. *Leonardo* „ist der erste gewesen, der in Ansätzen die Frage der Anwendung bereits bekannter Vorrichtungen für die industrielle Technik aufgeworfen hat ... Leonardo ist auch einer der ersten Ingenieure seiner Zeit, die sich für die Textilindustrie interessierten, die ... in der Toscana und der Lombardei einige Bedeutung hatte. Leonardo hat sich mit dem Entwurf und der Vervollkommnung verschiedener Textilmaschinen befaßt." [5; S. 231] Er sah die Bedeutung des Getriebeproblems in seiner ausschlaggebenden Rolle für das ganze künftige Maschinenwesen. *Leonardo* zeichnete Kugelrad-, Schneckenrad- und trapezförmige Getriebe. Er ersann zudem das, was man, ein wenig unberechtigt, als „Gangschaltung" bezeichnet hat. „Leonardo war zweifellos einer der ersten Renaissance-Ingenieure, der sich für die mechanische Bearbeitung von Metallen interessierte." [5; S. 228] Die von ihm gezeichneten Maschinen zur Herstellung von Schrauben sind oft beschrieben und abgebildet worden. Es handelt sich um Schrauben aus Holz, nicht um Metallschrauben!

Leonardo hat sich auch Fragen des Messens zugewendet, um technische Probleme zu lösen. So geht es ihm, modern gesagt, um die Konstruktion einer Ellipse des Spiegellängsschnitts, die den kreisförmigen Spiegelquerschnitt im Reflexionspunkt so schneiden muß, daß der Brennpunkt des Spiegels und der gegebene Punkt zusammenfallen. Bei *Leonardo* finden sich Proportional- und Parabelzirkel als technische Instrumente, ebenso auch Darstellungen von Waagen, vor allem das Schema einer hydrostatischen Waage. Von Beobachtung zu Beobachtung und von Beobachtung zum Versuch war *Leonardo* dahin gelangt, Probleme der Technik in allgemeinen Begriffen auszudrücken. Auf diese Weise gelangte er zu allgemeingültigen Aussagen.

Leonardo ist ein Ingenieur, der Theorie mit Praxis (gefaßt als Tätigkeit des Technikers und Künstlers) sowie Philosophie zu verbinden sucht, dem es um die Nutzung der Ergebnisse seiner Untersuchungen geht, und der in seinen ganzen Bemühungen primär ein Mittel sieht, über die materielle Welt zu herrschen.

Lebensdaten zu Leonardo da Vinci

1452	Am 15. April in Anchiano bei Vinci (Toscana) geboren
Um 1469	Übersiedlung nach Florenz
1472	Mitglied der Lukas-Gilde als Maler
1482 bis 1499	Aufenthalt in Mailand
1500	Aufenthalt in Mantua und Venedig. Rückkehr nach Florenz
1502 bis 1503	10 Monate Ingenieur im Dienste *Cesare Borgias*
1503 bis 1506	Erneutes Wirken in Florenz
1506 bis 1513	Erneutes Wirken in Mailand, unterbrochen durch eine mehrmonatige Reise nach Florenz (1507/08)
1514 bis 1516	*Leonardo* in Rom
1517	*Leonardo* geht nach Frankreich an den königlichen Hof in Amboise
1519	*Leonardo* stirbt am 2. Mai in Amboise

Literaturverzeichnis zu Leonardo da Vinci

[1] *Leonardo da Vinci:* Tagebücher und Aufzeichnungen. Nach den italienischen Handschriften übersetzt und hrsg. von Th. Lücke, Berlin 1953.

[2] *Heydenreich, L. H.:* Leonardo da Vinci. Neue, verb. und erw. Aufl., Textband, Basel 1954.

[3] *Matschoß, C.:* Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. München, Berlin 1938.

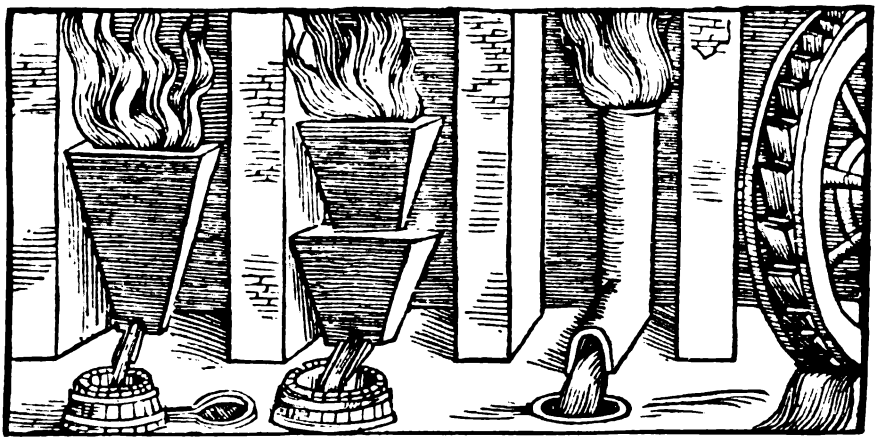
[4] *Pflaum, W.:* Leonardo da Vinci als Ingenieur. In: Humanismus und Technik, Berlin (West) (1959) 1, S. 24—38.

[5] *Gille, B.:* Ingenieure der Renaissance. Wien, Düsseldorf 1968.

[6] *Clark, K.:* Leonardo da Vinci in Selbstzeugnissen und Bilddokumenten. Reinbek bei Hamburg 1980.

[7] *Olschki, L.:* Geschichte der neusprachlichen wissenschaftlichen Literatur. Bd. 1: Die Literatur der Technik und der angewandten Wissenschaften vom Mittelalter bis zur Renaissance. Heidelberg 1919.

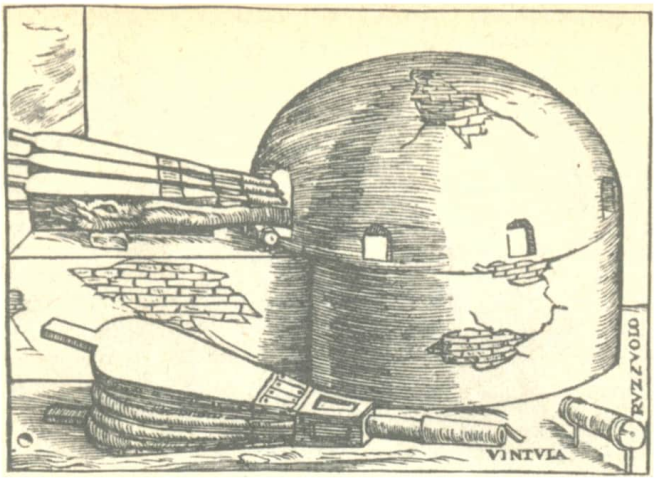
[8] *Mathé, J.:* Leonardo da Vinci — Erfindungen. Fribourg-Genève 1980.



Verschiedene Arten von Schachtöfen

Vannoccio Biringuccio (1480 bis 1537)

Vannoccio Biringuccio (Bernigucio, Biringucci) wurde 1480 zu Siena geboren, sein Vater war im städtischen Baugewerbe verantwortlich tätig. Vannoccio wurde am 20. Oktober getauft, er dürfte am gleichen oder am Vortage geboren worden sein. Über seinen Ausbildungsgang ist sehr wenig bekannt. Gefördert von *Pandolfo Petrucci* (1452 bis 1512), später von dessen Sohn *Borghese* (geb. um 1492), praktizierte *Biringuccio* in einer den *Petruccis*, einer in der Republik tyrannisch herrschenden Adelsfamilie, gehörenden Eisenmine und übernahm bald die Leitung einer von verschiedenen Edelleuten gegründeten Gesellschaft zur Ausbeutung der Silberminen am Avanzaberg. Diese Stellung ermöglichte ihm zwei Studienreisen nach Deutschland, die auf die Abfassung seiner „Pirotechnia" nicht ohne Einfluß blieben. *Biringuccio* besuchte u. a. Innsbruck, Hall, Schwaz, aber auch italienische Bergwerke. Nach 1508 hielt er sich in Mailand, Venedig und Ferrara auf, bevor er nach Siena zurückkehrte. Hier übernahm er erneut die Oberaufsicht über Bergwerke. 1513 wurde *Biringuccio* städtischer Werkmeister des Zeughauses in Siena, 1514 übernahm er die Münze in seiner Heimatstadt. 1515 mußte er beim Sturz der Diktatur der *Petruccis* aus Siena fliehen. Er wurde in Abwesenheit der Münzfälscherei angeklagt und geächtet. *Biringuccio* begann ein unstetes Wanderleben, das ihn u. a. nach Rom, Neapel und 1517 nach Sizilien führte. Mit *Fabio Petrucci*, dem jüngeren Bruder *Borgheses*, kehrte *Biringuccio* 1523 nach Siena zurück, erhielt sein Vermögen zurück und wurde erneut städtischer Werkmeister des Zeughauses. Im Januar 1524 erhielt er das Privileg der Salpeterherstellung im gesamten Territorium der Republik Siena. Die *Petruccis* und ihre Anhänger wurden jedoch durch einen Volksaufstand erneut aus Siena vertrieben; *Biringuccio* wurde 1526 erneut geächtet. Vergeblich versuchte die *Petrucci*-Partei, unterstützt von Florenz, im gleichen Jahr Siena mit Waffengewalt zu erobern. Bei dem Angriff hatte *Biringuccio* die Artillerie kommandiert. Für die Zeit zwischen 1526 und 1529 fehlen exakte Nachrichten über *Biringuccio*. Nach einigen Überlieferungen hat er in dieser Zeit Deutschland besucht. 1529 befand sich *Biringuccio* im Dienst der Republik Florenz und verbesserte



Treibherd
mit
gemauerter Kuppel
(vintula — Ventil;
ruzzvolo — Rolle)

deren Artillerie. Im gleichen Jahr konnte *Biringuccio* nach Siena zurückkehren, nachdem es gelungen war, zwischen den rivalisierenden politischen Parteien Frieden zu schließen. Er wirkte im Magistrat und 1535 als Nachfolger des Malers und Baumeister *Baldassare Peruzzi* (1481 bis 1536) als Architekt und Baumeister des Doms. Im Dezember 1534 hatte ihm der Papst die Ämter eines Artilleriehauptmanns und Gießers anvertraut. 1536 ging *Biringuccio* ganz nach Rom, unter Papst *Paul III.* (1534 bis 1549) leitete er die päpstliche Gießerei. Im August 1537 ist er in Rom gestorben.

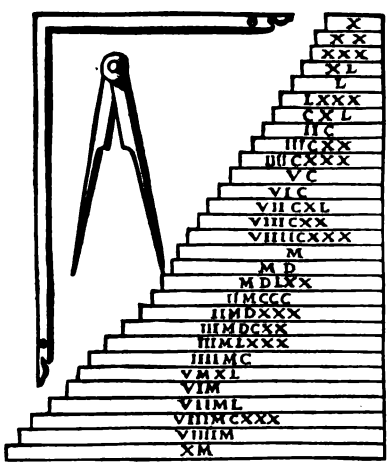
Seine „Pirotechnia" hat *Biringuccio* wohl zwischen 1534 und 1535 geschrieben, die erste Ausgabe erschien postum 1540 in Venedig. Im 16. Jh. erschienen weitere italienische, französische und lateinische Ausgaben. *Biringuccio* war ein erfahrener Architekt, Büchsenmacher, Metallurge und angewandter Chemiker.

Der Titel von *Biringuccios* berühmtem Werk lautet in deutscher Übersetzung: „Die zehn Bücher von der Feuerwerkskunst in denen ausführlich alle verschiedenen Erzarten behandelt sind sowie auch, was zu ihrer Bearbeitung gehört, ferner, was das Schmelzen oder Gießen der Metalle anbetrifft, und alles, was dem verwandt ist." Es ist das erste Lehrbuch seit der Antike, das sich nicht mehr vornehmlich mit Kriegstechnik beschäftigt. Das erste Buch behandelt die Metalle. *Biringuccio* spricht zunächst über Aufsuchen und Untersuchung der Erze, Anlage der Erzgruben, über Stollen- und Schachtbau, über Werkzeuge und Geräte des Bergmanns und preist den Nutzen des Bergbaus. Immer wieder werden persönliche Beobachtungen *Biringuccios* auf Reisen eingestreut und Zeitereignisse erwähnt. Bei der Beschreibung der Metalle, Erze und Mineralien fußt *Biringuccio* auf der damals verbreiteten Literatur. Zunächst schildert er die Eigenschaften des Goldes. Bei Behandlung des Silbererzes und seiner Eigenschaften erwähnt *Biringuccio G. Agricola* (1494 bis 1555). Der Kontext erweist, daß er dessen „Bermannus" kannte. [2; S. 35] In den weiteren Kapiteln behandelt *Biringuccio* Kupfer, Bleierz und seine Entstehung, Zinn und Zinnerz, Eisenerz und die Herstellung des Stahls. Hier gibt der Autor die erste Schilderung der Brescianer Stahlschmiede, die Agricola verkürzt in „De re metallica" (Buch X) abdruckt. Schließlich schildert *Biringuccio* die Herstellung und

Verarbeitung des Messings. Entschieden wendet er sich gegen die Vernachlässigung des Bergbaus in Italien. Im zweiten Buch behandelt *Biringuccio* die Halbmineralien. *Biringuccios* Schilderung der Quecksilbergewinnung ist eine der ältesten, die uns bekannt ist. Bei Behandlung von Schwefel und Schwefelerz, Schwefelgewinnung und der Eigenschaften des Schwefels erfolgt — wie oft — eine Berufung auf antike und mittelalterliche Autoritäten, hier auf *Plinus d. Ä.* (23 bis 79 u. Z.), *Albertus Magnus* (um 1193 bis 1280), *Dioscurides* (1. Jh. u. Z.) und *Avicenna* (980 bis 1037). Weiter behandelt *Biringuccio* Metallkiese, die Alaungewinnung, Arsenik und Auripigment. Die Ausführungen über das gewöhnliche Salz aus Gruben und Wässern sowie Allgemeines über verschiedene andere Salze — z. B. Seesalzgewinnung — findet man verkürzt bei Agricola in „De re metallica", Buch XII. *Biringuccio* behandelt blauen und grünen Lasurstein, Bergkristall und die bekannteren Edelsteine (Diamant, Smaragd, Rubin, Saphir) u. a. Seine Schilderung der Glasfabrikation wurde erst durch *Johann Kunckel von Löwensterns* (1638 bis 1703) „Ars vitraria" (1679) übertroffen. Philosophisch steht *Biringuccio* weitgehend im Banne der aristotelischen Naturphilosophie. Immer wieder streut er in sein Werk philosophisch-theologische Aussagen ein. So meint er, daß „von allen Dingen, die Gott ... mit eigener Hand, oder welche die Natur auf seinen Befehl hin in dieser Welt geschaffen hat, kein einziges ohne eine besondere Gabe ist. Wenn wir diese nicht an allen Dingen wahrnehmen, so liegt dies an der Unvollkommenheit unserer Sinnesorgane, an unserem geringen Wissen, und weil wir zu wenig fleißig daran denken, daß wir den verborgenen Dingen nachgehen müssen." [2; S. 133—134]

Im Buch 3 behandelt *Biringuccio* das Probieren und Vorbereiten der Erze zum Schmelzen. Die zehn Kapitel beschäftigen sich mit dem Probieren aller Metallerze, besonders der silber- und goldhaltigen Erze, der Vorbereitung der Erze zum Verhütten, der Gestalt der Schacht- und Flammöfen zum Erzschmelzen, wie beim Schmelzen der Metallerze vorzugehen ist, mit der Trennung von Blei und Kupfer und der vollständigen Entsilberung und Entgoldung des Kupfers mit Blei, mit dem Raffinieren des Silbers, mit der Kupelle und dem genauen Probieren auf Silber und Gold, die in bestimmten Metallen enthalten sind.

Im 4. Buch behandelt *Biringuccio* die Trennung des Silbers von Gold und dessen Umwandlung in Feingold. Dabei interessiert ihn speziell die Herstellung des gewöhnlichen Scheidewassers, das Probieren des goldhaltigen Silbers, die Praxis des Scheidens von Gold und Silber in größeren Mengen durch Scheidewasser (der entsprechenden Beschreibung *Agricolas* in „De re metallica", Buch X, liegt wieder die Ausführung *Biringuccios* darüber zugrunde), die Gewinnung von Silber und gutem Scheidewasser aus den Rückständen der Scheidewasserreinigung, das Scheiden von Gold und Silber mit Schwefel oder Spießglanz, die Zementation des Goldes und dessen Umwandlung in Feingold, gibt Winke für das Scheiden mit Scheidewasser. *Biringuccio* beschreibt erstmals, wie Zementierung eintritt, wenn Weicheisenmasse in flüssiges Gußeisen taucht. Zwar wußte er noch nicht, daß dabei aus dem Gußeisen Kohlenstoff in das Weicheisen übertritt, aber die Wirkung dieses Vorgangs beobachtete er: Das Weicheisen ließ sich dann besser formen, schmieden und härten. *Agricolas* Beschreibung des Zementationsverfahrens („De re metallica", Buch X) schließt offenbar an die der „Pirotechnia" an, ist allerdings ausführlicher.



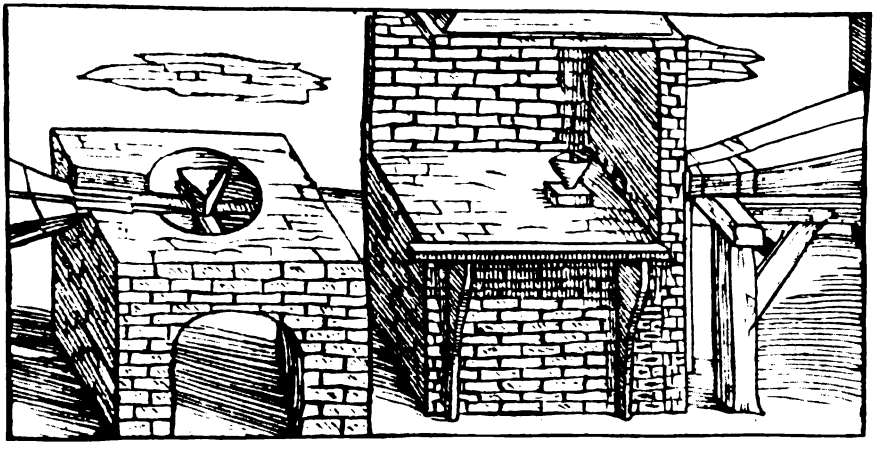
Glockenordnung

Im 5. Buch behandelt *Biringuccio* die Legierung der Metalle: Die Goldlegierung, die Legierung des Silbers mit Kupfer, die Legierung des Kupfers, die Legierung von Blei und Zinn.

Das 6. Buch beschäftigt sich mit der Gießkunst. *Biringuccio* untersucht, wie der Lehm zur Herstellung von Bronzegußformen beschaffen sein muß, macht allgemeine Aussagen über die Herstellung der Bronzegußformen, gibt Einzelheiten über die Arbeitsweise und die Verfahren zur Herstellung der Formen für Bronzefiguren und über die Herstellung der Geschützformen. Die Verfahren zum Gießen und zur Bearbeitung und Ausrüstung von Bronzegeschützen, besonders der neuen Langrohrvorderlader für Eisenkugeln, stehen im Vordergrund. *Biringuccio* behandelt weiter die Anfertigung von Formen für Glocken jeder Größe sowie die Maße und Ordnungen der Glocken. Er beschreibt, wie schwer man die Klöppel für jede Glockengröße machen muß, wie man große Glocken so aufhängt, daß sie sich leicht läuten lassen (dabei erfolgt der wohl erste Hinweis auf Glaslager) und behandelt das Schweißen zersprungener Glocken.

Im 7. Buch (Das Metallschmelzverfahren) liefert *Biringuccio* die erste ausführliche Beschreibung des Baus und des Betriebs der Flammöfen. Er stellt dar, wie man die Flammöfen zum Schmelzen der Bronze und aller anderen Metalle bauen muß. Er schildert das Schmelzen im Herd und verschiedene andere Verfahren zum Schmelzen von Metallen mit Kohlen und Blasebälgen, so das Schmelzen in der Kehle, im Tiegel und mit dem Windofen. *Biringuccio* teilt Allgemeines über das Schmelzen der Bronze und anderer Metalle bzw. Metallegierungen mit. Schließlich schildert *Biringuccio* die Bearbeitung der Geschütze und die Anordnung der Lafetten sowie — erstmalig — den Guß von Eisenkugeln zum Schießen aus großen und kleinen Geschützen.

Im 8. Buch behandelt *Biringuccio* die Kleingießerei: Verschiedene Verfahren zur Herstellung der Sande für den Kleinguß von Bronze, die Herstellung von Salzlauge für Formsand, das Formen mit Sand im Kasten oder Holzrahmen bei der Gießerei, die Herstellung des Sandes zum Guß aller Metalle in grünem Sand und das Formen in grünem Sand, das Formen verschiedener Bildwerke. Schließlich verweist er auf



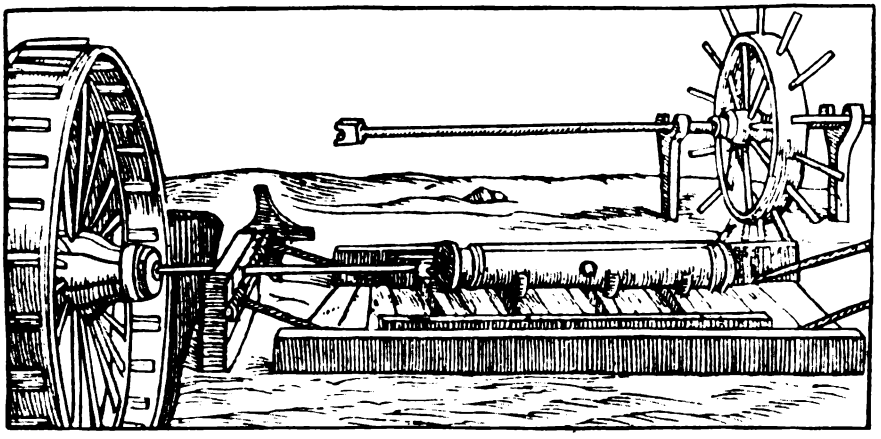
Das Schmelzen im Tiegel mit Gebläsewind

einige Stoffe, mit denen man Metall leichtschmelzend und dünnflüssig machen kann.

Das 9. Buch *Biringuccios* erklärt die Technik verschiedener Feuerarbeiten. Er wendet sich hier — wie auch an anderen Stellen — gegen die Alchemie, schildert den Destillierprozeß, Verfahren zur Gewinnung von Wässern und Ölen und das Sublimieren, gibt Hinweise zum richtigen und nutzbringenden Betrieb einer Münze. Er behandelt weiter die Goldschmiede-, Kupferschmiede-, Eisenschmiede- und Zinnschmiedekunst, das Ziehen des Gold- sowie des Silber-, Kupfer- und Messingdrahtes, die Zubereitung des Goldes zum Verspinnen, das Entgolden von Silber und anderen Metallen, die mit Blattgold oder Amalgam vergoldet sind. Schließlich schildert er in diesem Buch, wie man die besten Tiegel und Schalen zum Schmelzen aller Metalle macht, äußert sich über die Töpferei sowie über die Herstellung und Erfindung des Kalkes und der Ziegel.

Das 10. Buch behandelt die künstlichen Brandstoffe und die Herstellung der sogenannten Feuerwerkskörper für Kriegszwecke und zur Belustigung bei Festlichkeiten.

Biringuccio war vorwiegend Praktiker. Seine Schilderung der technischen Vorgänge ist meisterhaft klar, anschaulich und unmittelbar. Er benutzt seine Muttersprache und wendet sich so mit seinem Buch an einen über die Gelehrten hinausgehenden Leserkreis. *Biringuccio* will die Ergebnisse seiner eigenen Untersuchungen weitergeben. Die „Pirotechnia" ist das erste der Metallurgie gewidmete Buch überhaupt. Es wurde für mehr als zwei Jahrhunderte die unumstrittene Autorität für diesen Bereich. Wir finden hier die erste erschöpfende Beschreibung der Flammöfen. Beim Kalzinieren von Blei in Flammöfen machte *Biringuccio* die äußerst wichtige Beobachtung von der Gewichtszunahme des Metalls, wodurch es gelang, diese exakter zu bestimmen. In der „Pirotechnia" finden wir den ersten Bericht über die Härtung des Antimons, die erst zwei Jahrhunderte später üblich wurde. *Biringuccio* verdanken wir die erste genaue Beschreibung von der Farbänderung durch Härten von Stahl; erst *Robert Boyle* (1627 bis 1691) ging ausführlich darauf ein. Bei *Biringuccio* findet sich — gegenüber *Agricola* — die ältere, ja die erste vollständige Beschreibung



Geschützbohrmaschine

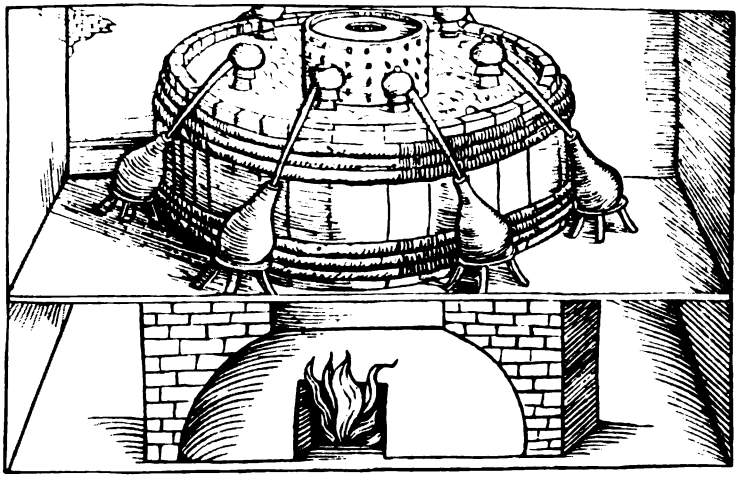
von der Behandlung silberhaltigen Materials mittels Bleischmelze und über die Anwendung von Quecksilber in der Silbermetallurgie.

Biringuccio gibt eine geeignete Erklärung der Amalgamierung, lange bevor sie durch *Bartholomeo de Medina* (1527 bis 1580) eingeführt wurde. *Biringuccio* haben wir die erste spezifische Erwähnung des Mangan unter diesem modernen Namen zu danken.

Mit *Biringuccio* beginnt das Verfahren, ganze Artilleriegeschütze und Teile davon zu gießen und somit diese zu bohren. Dadurch gelang es, die Schwierigkeit zu vermeiden, die bei dem alten System mit innerem Kern darin bestand, die Seele mit der äußeren Oberfläche genau konzentrisch zu entfernen. Zu diesem Zweck stellte *Biringuccio* eine Horizontalbohrmaschine mit großen Schneiden (Messern) vor, die mit der Hand oder durch Wasserkraft betrieben wurde. Allerdings gibt er nicht an, ob die Seele mit einem einzigen Messer (Schneide) gewonnen wurde. Zum Gießen von Artilleriegeschützen bedient sich *Biringuccio* derselben Methoden, wie er sie beim Bronzeguß anwandte. Aber er empfiehlt beim Füllen der Form langsamer vorzugehen. Großen Wert legt er auf Verwendung eines Ausgusses oder Gießzapfens, der die Aufgabe hat, die Schlacke und Gußfehler zurückzuhalten. *Biringuccio* gibt auch Regeln für das Richten der Artillerie und die Verbesserung der Höheneinstellungen an. Ein Visier mit kleinen Löchern wird beschrieben. *Biringuccio* hat die erste Lösung des Problems der Erzeugung vieler gleichmäßiger Sprengstücke mitgeteilt und gilt so als eigentlicher Erfinder des Schrapnells.

Nach Engels „brachten Vannoccio Biringuccios Untersuchungen in der Kunst des Gießens ... einen bedeutenden Fortschritt in der Herstellung von Geschützen". [7; S. 191 f.]

Biringuccios Werk widerspiegelt zusammenfassend, gleichsam enzyklopädisch, den Stand der angewandten Naturwissenschaften und der Technik seiner Zeit. „*Georg Agricola* und *Vannoccio Biringuccio* sind diejenigen Schriftsteller, deren Werke das Fundament der metallurgischen Wissenschaft gelegt haben. Alle folgenden Autoren auf diesem Gebiet im 16., 17. und noch teilweise im 18. Jahrhundert stehen auf ihren Schultern und sind kaum über sie hinausgekommen." [5; S. 53]



Großer Apparat zur Destillation im Wasserbad

Lebensdaten zu Vannoccio Biringuccio

1480	Vor dem 20. Oktober in Siena geboren
1513	Städtischer Werkmeister des Zeughauses zu Siena
1515 bis 1523	Flucht aus Siena aus politischen Gründen; Verbannung und Ächtung durch seine Heimatstadt; ruheloses Wanderleben
1523	Rückkehr nach Siena; erneut Werkmeister des Zeughauses
1526	Zweite Flucht und Verbannung aus Siena
1529	Rückkehr nach Siena; Tätigkeit als Baumeister und Architekt
1534	Berufung zum Artilleriehauptmann durch Papst *Paul III.* und Leiter der päpstlichen Gießerei
1534 bis 1535	„De la Pirotechnia"; erscheint postum 1540 in Venedig
1537	*Biringuccio* verstirbt in Rom

Literaturverzeichnis zu Vannoccio Biringuccio

[1] *Tucci, U.:* Vannoccio Biringuccio (Bernigucio). In: Dizionario Biografico degli Italiani. Bd. 10, Roma 1968, S. 625—631.

[2] Biringuccios Pirotechnia. Ein Lehrbuch der chemisch-metallurgischen Technologie und des Artilleriewesens aus dem 16. Jahrhundert. Übersetzt und erläutert von O. Johannsen, Braunschweig 1925.

[3] *Johannsen, O.:* Vannoccio Biringuccio. In: Bugge, G.: Das Buch der großen Chemiker. Berlin 1929, Bd. I, S. 70—84.

[4] *Jähns, M.:* Geschichte der Kriegswissenschaften vornehmlich in Deutschland. Abt. 1: Altertum, Mittelalter, XV. und XVI. Jahrhundert. München und Leipzig 1889, S. 591—596.

[5] *Beck, L.:* Die Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung, Abt. 2: Das XVI. und XVII. Jahrhundert. Braunschweig 1893—95, S. 46—53.

[6] *Fedorov, A. S.:* Vannočio Biringučio (k 500letiju so dnja roždenija). (Vannoccio Biringuccio — zum 500. Geburtstag). In: Voprosy po istorii i techniki estestvennych nauk, Moskva 1/1981, S. 137—140.

[7] *Engels, F.:* Artillerie. MEW, Bd. 14, Berlin 1961.

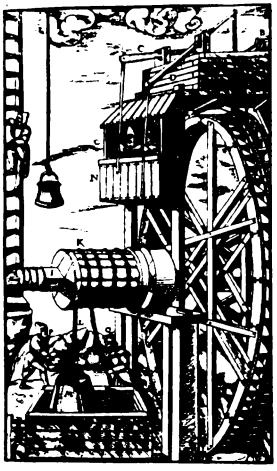
Georgius Agricola

Georgius Agricola (1494 bis 1555)

Georgius Agricola (lateinische Form von Georg Pawer oder Bauer) war Philologe, humanistischer Pädagoge, Historiker, Arzt und Mineraloge. Mit systematischen Untersuchungen begründete er die Disziplinen der Geowissenschaften und des Montanwesens: Mineralogie, Geologie, Hydrologie, Bergbau-, Aufbereitungs- und Hüttenkunde, einschließlich Bergbaugeschichte. *Agricola* verband die durch ärztliche Interessen hervorgerufenen Naturforschungen mit dem fortgeschrittensten Erfahrungswissen seiner Epoche. Durch die im Bergbau und Hüttenwesen Mitteleuropas beginnende einfache Kooperation und Manufaktur entstanden die Voraussetzungen, unter denen *Agricola* zum hervorragenden Enzyklopädisten des fortgeschrittensten technischen Wissens und Wegbereiter einer materialistischen Naturauffassung in der Philosophie und Weltanschauung der Renaissance wurde.

Agricola wurde als Sohn eines Tuchmachers am 24. März 1494 in Glauchau geboren. Von 1514 bis 1518 studierte er an der Universität Leipzig alte Sprachen. Sein Lehrer *Petrus Mosellanus* (1493 bis 1524), Anhänger des *Erasmus von Rotterdam* (1467 bis 1536) empfahl seinen Schüler nach Zwickau. An der Stadtschule wirkte *Agricola* zunächst als Konrektor, später als Rektor. Unter *Agricolas* Rektorat (1520 bis 1521) entstand ein neuer Schultypus: Lateinischer, griechischer und hebräischer Sprachunterricht wird mit gewerblichen Unterweisungen verbunden, mit Ackerbau, Weberei, Bau- und Meßwesen, Rechnen, Arzneikunde, Militärwesen. Von 1522 bis 1523 studierte *Agricola* erneut in Leipzig, diesmal vornehmlich Medizin. Es folgte ein Aufenthalt in Bologna, Ferrara und Padua zur Fortsetzung der medizinischen Studien, auch zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades. Von 1524 bis 1526 war *Agricola* im berühmten Verlag von *Aldus Manutius* (1448 bis 1515) in Venedig tätig, um bei der *Galen*-Ausgabe mitzuwirken. Ärztliche Praxis und Naturforschung vereinte *Agricola* in der erst 1516 begründeten Bergstadt Joachimsthal (Jachymov) von 1527 bis 1530 als Arzt und Apotheker.

In der Form des klassischen Dialogs reflektiert sein hier entstandenes, 1530 mit einer Widmung des *Erasmus* bei *Johannes Froben* (um 1460 bis 1527) in Basel gedrucktes



Das von fünf Arbeitern bediente große Kehrrad

Manufakturmäßige einfache Kooperation der Erzaufbereitung mit sich verfeinernden Schüttelsieben und mit Absetztrögen

Erstlingswerk „Bermannus, sive de re metallica" [1/2; S. 56—166] die Suche nach der Angemessenheit von Bezeichnungen und ihrer Bedeutung für die neuen Wissenschaftsgegenstände. Im Sprachenvergleich werden die Bezüge zwischen Umgangssprache, traditioneller Gelehrsamkeit und neuer Fachterminologie zum Anlaß genommen, um die mit den neuen Formen der Arbeitsteilung verbundenen Verfahrenskombinationen der Erzförderung und -verarbeitung sowie die Metallgewinnung zu beschreiben. Programmatisch sollen die Fortschritte der Bergbautechnik, des geometrischen Vermessungswesens — des „Markscheidens" —, des Transports, der Aufbereitung und des Hüttenwesens künftig aufs engste mit mineralogisch-chemischen Entdeckungen verbunden werden. Erfahrung und Erkenntnis auf der Grundlage der Sinnestätigkeit dienen dazu, den Irrtum auszuschließen und auf überzeugende Weise Wissen zu vermitteln.

Agricolas Werk zeigt eindrucksvoll, wie der Bedarf an Geldmetall, an Zinn, Eisen, Glas usw. eine grundlegende Veränderung der Arbeitsmittel und neuartige stoffwandelnde Prozesse in bergbaulichen und hüttentechnischen Anlagen mit bisher nicht bekannten Größenordnungen hervorruft. Das Interesse an qualitativen wie an quantitativen Bestimmungen des Vorrats und das Erfinden (maschinen-) technischer Systeme, der „Künste", zum Eindringen in größere Teufen, zur Wasserhaltung und Bewetterung, zur Förderung, Erzaufbereitung und -verarbeitung bedingen sich wechselseitig. *Was* produziert wird, wirkt sich dank dem höheren Grad arbeitsteilig kombinierter Prozesse im *Wie* des mit höherem technischem Ausstattungsgrad der Arbeit wirksamen „kombinierten Gesamtarbeiters" [vgl. 4; S. 407] aus. Die Abhängigkeit von den natürlichen Fundorten bei erschwerten Abbaubedingungen erzwingt neue Mittel und Wege des technischen und wissenschaftlichen Fortschritts.

Während seiner ärztlichen Tätigkeit in Chemnitz (1530 bis 1555) amtiert *Agricola* als Bürgermeister und wirkt als sächsischer Hofhistoriograph. In dieser Schaffensperiode zeichnen sich, ineinander übergreifend, besonders vier Untersuchungsgegenstände ab: die monetar-metrologischen, die mineralogischen, die historiographischen und die technischen.

Die dem Handelskapitel, der Geldzirkulation und der territorial-fürstlichen Bereicherung dienende Silbergewinnung motiviert auch *Agricolas* Studien zum Monetarsystem und zur Metrologie, ausgehend vom Geld-Gewicht. Das Werk über die römischen und griechischen Maße und Gewichte „De mensuris et ponderibus" (1533) [vgl. 1/5] ist ein mittelbarer Ausdruck der Hindernisse nationalstaatlicher Einigung und der damals fehlenden Einheiten für Münze, Maße (der Länge und des Volumens) und für Gewichte.

Am weitesten ausgeführt finden sich metrische Bestimmungen in *Agricolas* Hauptwerk „De re metallica" (1556). Hier dominieren Angaben über Winkel- und Längenmessungen des Markscheidens, unter Zuhilfenahme entsprechenden Geräts. Zeitabhängige Verarbeitungsprozesse wie in der an *Vannoccio Biringuccio* (1480 bis 1537) anschließenden Darstellung des Hüttenwesens oder des experimentellen „Erzprobierens" in kleineren Mengen [1/8; S. 298—345] führen zu einem höheren Genauigkeitsgrad von Zeitmessungen, als ihn die komparative (qualitative) Methode ermöglicht. [vgl. 1/8; S. 462]

Die Beherrschbarkeit unterschiedlicher Temperaturerfordernisse ist — in Abhängigkeit von der Zeit — ein erfahrungsbedingtes Schlüsselglied technisch-ökonomischer Effektivität.

Bei kleinen, mittleren oder groben Zinnerzstücken braucht der „erfahrene Schmelzer ... wenn er die ersten verschmilzt, nur langsames Feuer, wenn die zweiten, mittleres, wenn die dritten, scharfes; jedoch viel weniger scharfes, als wenn er Gold-, Silber- oder Kupfererz verschmilzt". [1/8; S. 523] Das Sekundenmaß für eine Zwischenwärme in der Goldschmelze verdeutlicht das historische Erfordernis objektivierbarer Messung, wenn es heißt, man habe „noch solange zu erhitzen als einer braucht fünfzehn Schritte zu gehen". [1/8; S. 559]

Ist gelegentlich in technik- und wissenschaftsgeschichtlichen Darstellungen von einer Wissenschaftsrevolution durch die *experimentell* vorgehende Chemie des 17. und 18. Jh. die Rede — *Robert Boyle* (1627 bis 1691), *Johann Rudolf Glauber* (1604 bis 1668), *Georg Ernst Stahl* (1647 bis 1691), *Johann Joachim Becher* (1635 bis 1682), *Carl Wilhelm Scheele* (1742 bis 1786) u. a. —, so hat sie in der metallurgischen Praxis des 16. Jh. ihre Wurzeln. Aspekte technischer Verwendbarkeit deuten auf eine frühe Werkstoffkunde.

Aufbauend auf den Mineralsystemen von *Avicenna* (um 980 bis 1037) und *Albertus Magnus* (1193 bis 1280) ordnet *Agricola* die Minerale nach insgesamt 18 Eigenschaften. Weiter unterscheidet er Erden (83 Sorten), Salze, Bitumena und Steine. Beim differenzierenden Aufschluß der überlieferten „Vier-Elemente-Lehre" (Wasser, Luft, Feuer, Erde) bilden Wasserarten und vulkanische Erscheinungen eigene Untersuchungsgebiete. Verschiedentlich wird bei insgesamt 570 Stoffarten auf deren Bedeutung für die Produktion und für medizinische Zwecke Bezug genommen. Folgende Werke *Agricolas* gelten heute als Grundsteine für die moderne Geowissenschaft: 1. Die Entstehung der Stoffe im Erdinnern (De ortu et causis subterraneorum, 1544), 2. Die Natur der aus dem Erdinnern hervorquellenden Dinge (De natura eorum, quae effluunt ex terra, 1545), 3. Die Mineralien (De natura fossilium, 1546), 4. Erzlagerstätten und Erzbergbau in alter und neuer Zeit (De veteribus et novis metallis, 1546), 5. Meurer-Brief (Epistula ad Meurerum, 1546). [vgl. 1/3; 4; 6]

Durch den vierten, zur Bergbaugeschichte zählenden Titel, verknüpft sich die Einteilung der Metallvorkommen und -arten nach lagerstättenkundlichen Prinzipien ausdrücklich mit dem Interesse am technischen Erkenntnisfortschritt. In feiner Weise werden „Werke der Natur" bereits 1544 von technisch gewonnenen „Kunstprodukten" unterschieden: „Die Kunst bildet ihre Werke weder immer auf dieselbe Weise, noch aus denselben Stoffen, noch bildet sie völlig dieselben, sondern sie formt meist auf ihre eigene Art aus ähnlichen Stoffen etwas, was den Naturdingen ähnlich scheint." [1/3; S. 169] Die Natur *nachzuahmen*, wie es die Technik des Ziegelbrennens veranschaulicht [vgl. 3; S. 145], dient *Agricola* nur als eine heuristische Analogie.

Im letzten Lebensjahrzehnt *Agricolas* bilden die Herstellung und Anwendung kombinierter Arbeitsmittel und -verfahren des Bergbaus und Hüttenwesens den Hauptgegenstand seiner Untersuchung. Das nahegelegene Erzgebirge bietet anschauliche Vergleichsobjekte für die durch literarische Quellen gewonnenen Informationen, vor allem über die Montantechnik der an Sachsen angrenzenden Länder.

Mit seinen 292 Abbildungen, seinen Verfahrensbeschreibungen, Bauanleitungen und Variantenvergleichen ist das Werk „De re metallica" die erste systematische *technologische* Untersuchung, die Enzyklopädie der technischen Revolution dieses Zeitalters. Trotz seiner ursprünglichen Fassung in lateinischer Sprache — die deutsche Übersetzung erscheint schon 1557 — gilt das Werk mit seinen nachfolgenden Auflagen [1/8; S. 19] bis ins 18. Jh. als maßgebliches Lehrbuch. Mit einer Ausnahme — der Fürstengenealogie — sind alle Schriften *Agricolas* lateinisch verfaßt. *Agricola* hätte ohne eigene unmittelbare Erlebnisse und Begegnungen in der berg- und hüttenmännischen Produktion weder den Erfahrungsreichtum noch das auf übergreifende Systemzusammenhänge orientierende, zu Verallgemeinerungen drängende technische Wissen zu verstehen vermocht. Aus gleichem Grund ist die hervorragende Leistung der Zeichner, des Joachimsthalers *Blasius Wefringer* und des Schweizers *Hans Rudolf Manuel Deutsch* (1525 bis 1571) zu würdigen.

Die „Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen" enthalten (1) eine zeitgemäße Apologie des Bergbaus im Vergleich mit anderen Gewerben, der landwirtschaftlichen und kaufmännischen Tätigkeit oder dem Wucher; danach werden (2) die Erschließungsbedingungen (geographische Beschaffenheit, Wasserhaltung, Wege, Bodenbesitz und Landesherrschaft) diskutiert. Die Darstellung der markscheiderischen Vermessung nimmt (3) auf die geologische Lage, auf das „Streichen der Gänge" Bezug. Fragen der Verteilung der Grubenfelder und die Pflichten der Bergbeamten weisen (4) auf den Institutionalisierungsgrad entsprechender Kenntnisvermittlung. Es folgen (5) Abhandlungen über die Arten der Schächte und ihren Ausbau, über den „Gangbergbau" und das Vermessen unter Tage. Das umfangreiche Buch 6 befaßt sich ausführlich mit Geräten, Maschinen und deren Herstellung und Anwendung. Mit dem „Probieren der Erze" (7) wird zum Aufbereitungsprozeß (8), zum Schmelzen der Erze und zu den Verfahren der Metallgewinnung (9) übergeleitet. Es werden Anleitungen zum Bau von Schmelzhütten gegeben. Die Bücher 10 bis 12 behandeln das Scheiden der Edelmetalle, vor allem das Abtreiben und Feinbrennen von Silber, das Trennen des Silbers von Kupfer und Eisen, schließlich die Verfahren, um verschiedene Salze, Schwefel und Bitumen

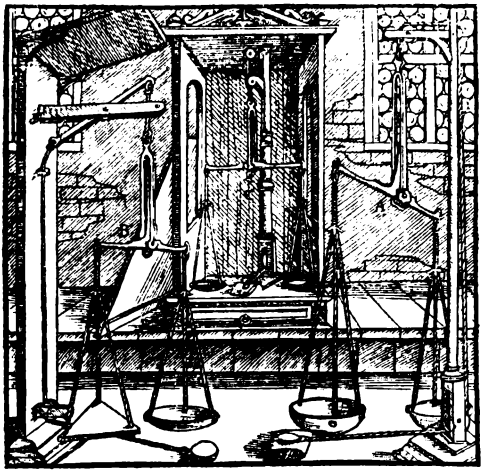
Hüttenprozeß
mit unterschiedlichen Arbeitsphasen
der Ofenbedienung
und des differenzierten Werkzeuggebrauchs
einschließlich Meßvorgang

zu gewinnen oder künstlich herzustellen. Abhandlungen über die Glasproduktion beschließen das Werk.

Der Rang fachlicher Instruktion in *Agricolas* Abbildungen von baulichen Konstruktionen, von technischen Wirkungs- und Betriebsweisen ist erst- und einmalig. Von den 292 Holzschnittbildern stellen 23 einfache geometrische Figuren und 269 Zeichnungen Geräte, Instrumente, Maschinen, Grubenbaue, Aufbereitungsanlagen und Hüttenbetriebe oder chemotechnische Anlagen dar.

Die Holzschnitte in „De re metallica" leiten einen neuen Abschnitt der Darstellung raum-zeitlich dimensionierter Funktionsstrukturen ein. Der Herstellungsprozeß von Maschinenelementen erfordert deren detaillierte Abbildung und Konstruktionsbeschreibung im ersichtlichen Zusammenhang mit dem Funktionsganzen. Damit findet die Verschiedenheit von Erkenntnis*prozeß* und *-resultat* im Ingenieurwesen ihren besonderen Ausdruck. Bei *Agricola* wird die Revolution der Arbeitsmittel in naiver Unmittelbarkeit noch ganzheitlich erfaßt. Die funktionell miteinander verbundenen Teilsysteme bewirken durch ihre Ausmaße und durch die Einordnung kombinierter Tätigkeiten eine bisher nicht gekannte Effektivität. Das betrifft das große Kehrrad ebenso wie den Betrieb von Ventilatoren (Bewetterungsmaschinen), die Göpel, die Feldgestänge zur Kraftübertragung, die Pochwerke der Aufbereitung, die Schmelzhütten mit ihren Blasebälgen, aber auch das Vermessen der Lagerstätten, das „Probieren" der Erze u. a. m. Die maschinell beherrschten stofflich-energetischen Umwandlungen sind bis in die bildanaloge Darstellung (Einordnung in die natürliche Szenerie, begünstigt durch hydromechanische und geologisch-mineralogische Bedingungen) noch weitgehend naturhaft erfaßt.

Bezogen auf das informationelle Instrumentarium, mit welchem die für die Ausführung eines technischen Systems oder eines Bauwerkes erforderlichen Unterlagen geschaffen werden, setzt sich immer nachhaltiger durch, was *Marx* die „durch die Natur des Arbeitsmittels selbst diktierte technische Notwendigkeit" nannte. [4; S. 407] Das gilt seit dieser Zeit uneingeschränkt für die Wechselbeziehung zwischen dem Wandel in der technologischen Produktionsweise und dem modellhaften, bildanalogen Darstellungsvermögen. Wendepunkte im konstruktiven Entwicklungs-



Doppelt beweglich aufgehängte Waagen; die empfindlichere ist in einem Schutzgehäuse untergebracht

prozeß treffen mit den Umwälzungen in der Entwicklung der Arbeitsmittel weitgehend zusammen. Die problemsprachliche Reflexion wird mit zunehmender, der Empirie adäquater theoretischer Fundierung gestützt. Die fruchtbare Wechselbeziehung zwischen Naturforschung und technischem Fortschritt erweist sich für den wissenschaftlichen Werdegang *Agricolas* als ausschlaggebend.

Agricola ist der Begründer und Wegbereiter eines vormechanistischen naturphilosophischen Materialismus in Deutschland. Im Begriff der „Durchmischung" mineralischer Gebilde bahnt sich die Vorstellung von der chemischen Verbindung an, wo „auch der kleinste Teil des Gemisches Anteil hat an jedem des Stoffes, der in seiner Gesamtmasse enthalten ist, so daß nur die Kraft des Feuers ein einfaches Mineral von dem anderen trennen kann ...". [1/4; S. 41] Das bedeutet die Annahme einer außerordentlich feinen Korpuskularstruktur der Materie, denn „diese ... Gebilde ... sind meist so zu einer neuen Art vermischt, daß man von keinem die frühere Gestalt erkennen kann". [1/4; S. 41] Diese qualitativ bestimmte — vormechanistische — Materie-Auffassung entspricht dem geringen Entwicklungsstand der Metrologie und des quantitativen Abstraktionsvermögens.

Für *Agricola* sind objektive Eigenschaften auf Grund von Kriterien der sinnlichen Wahrnehmbarkeit, der Erfahrung und des logisch geführten Beweises (sensus, experimentum, ratio) [vgl. 1/3; S. 227, 243, 256] überprüfbar. Alchimistische Aussagen werden ebenso kritisch auf ihren Wahrheitsgehalt befragt wie klassische Überlieferungen. Bei *Agricola* deutet sich das zwei Jahrhunderte später begründete, auf der Annahme gleichwirkender geologischer Gesetze beruhende Aktualitätsprinzip (*Karl Ernst Adolph von Hoff*, 1771 bis 1837, und *Charles Lyell*, 1797 bis 1875) bereits an. Andere als natürliche Ursachen werden ausgeschlossen und theologische und pantheistische bzw. alchimistisch-astrologische Deutungen eliminiert. Diese kognitive Strenge repräsentiert den höchstmöglichen erkenntnistheoretischen Stand der Epoche. Die im Deismus der Aufklärung ausgeprägte Reduktion eines göttlichen Urgrundes der Welt auf einen zeitlich immer ferner rückenden Anfang des alleinigen Wirkens von Naturgesetzmäßigkeiten wird hier vorweggenommen. Die nur durch Erfahrung gesicherten natürlichen Dinge bilden den Gegenstand der

Philosophie: „Philosophi profitentur scientiam rerum naturalium" [1/3; S. 256 und 326] (die Philosophen befassen sich von Berufs wegen mit der Wissenschaft von den natürlichen Dingen).

Wie *F. Engels* bemerkt hat, bewegte sich die damalige Naturforschung „mitten in der allgemeinen Revolution und war selbst durch und durch revolutionär". [5; S. 313] Auch die von den künstlichen, manufakturmäßig betriebenen Arbeitsmitteln ausgehende Geschichte der Technikwissenschaften muß ihre erste, vom deutschen Montanwesen eingeleitete Gründerperiode seit dem 16. Jh. datieren.

Lebensdaten zu Georgius Agricola

24. 3. 1494	In Glauchau geboren
1514	Beginn des Studiums alter Sprachen in Leipzig
1518 bis 1521	Lehrer und Rektor an der Zwickauer Ratsschule
1522 bis 1523	Zweites Leipziger (Medizin-)Studium bei *Stromer von Auerbach*
1523 bis 1526	Aufenthalt in Italien, Mitarbeit an der großen *Galen*-Ausgabe in Venedig
1527 bis 1530	Stadtarzt in Joachimsthal. Bermannus-Dialog (1530) und Aufruf zum Krieg gegen die Türken (1531)
1531 bis 1555	Stadtarzt in Chemnitz; Bürgermeisteramt (1546, 1547, 1551, 1553), zugleich Staatsdienst als sächsischer Hofhistoriograph Das metrologische Werk über Maße und Gewichte der Römer und Griechen (1533) begründet *Agricolas* hohen Rang als humanistischer Gelehrter
1544 bis 1546	*Agricola* verfaßt Werke, die heute als Grundsteine der modernen Geowissenschaften gelten
1549	„Die Lebewesen unter Tage" (De animantibus subterraneorum)
21. 11. 1555	Tod *Agricolas*
1556	Erscheinen von „De re metallica"

Literaturverzeichnis zu Georgius Agricola

[1] *Agricola, G.:* Ausgew. Werke. Dt. hrsg. v. Hans Prescher, 10 Bde., Berlin 1956—82.

[2] *Herlitzius, E.:* Georgius Agricola — seine Weltanschauung und seine Leistung als Wegbereiter einer materialistischen Naturauffassung. Berlin 1960.

[3] *Herlitzius, E.:* Der Dialog in der Geschichte der Wissenschaft. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Berlin 16 (1968) 5, S. 571—580.

[4] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 1. In: MEW, Bd. 23, Berlin 1962.

[5] *Engels, F.:* Dialektik der Natur. In: MEW, Bd. 20, Berlin 1962.

[6] *Wunderlich, H.:* Die Feldmeßkunst im 16. Jahrhundert. In: Das Dresdner „Quadratum geometricum" aus dem Jahre 1569. Veröffentl. des Staatl. Mathem.-Physikal. Salons, Dresden-Zwinger, Berlin 1960, S. 13—27.

[7] *Prescher, H.:* Zur Agricola-Forschung in der DDR. In: Zeitschrift für geologische Wissenschaften, Berlin 5 (1977) 4, S. 515—526.

[8] *Pieper, W.:* Die kunstgeschichtliche Stellung und die illustrationstechnische Bedeutung der Holzschnitte in Agricolas „De re metallica". In: Georgius Agricola 1494—1555. Zu seinem 400. Todestag 21. November 1955, Berlin 1955, S. 266—291.

[9] *Wilsdorf, H.:* Die Begründung der Bergbaugeschichte durch Georgius Agricola. In: Georgius Agricola 1494—1555, a. a. O., S. 182—197.

Otto von Guericke

Otto von Guericke (1602 bis 1686)

Otto von Guericke (Gericke) wurde am 20. November 1602 als Sohn einer Magdeburger Patrizierfamilie in der damals zum Erzstift Magdeburg gehörigen reichen Handelsstadt Magdeburg geboren. Von 1617 bis 1620 studierte er an der Artistenfakultät der Leipziger Universität, von 1621 bis 1623 in Jena an der Juristenfakultät. Anschließend studierte er in Leiden, der damals wohl progressivsten Universität Europas. Auch hier war *Guericke* an der juristischen Fakultät immatrikuliert, studierte aber auch Mathematik und Festungsbau. In Leiden, einer Hochburg der modernen Naturwissenschaft, wurde *Guericke* wohl mit den Auffassungen *Johannes Keplers* (1571 bis 1630) und *Galileo Galileis* (1564 bis 1642) bekannt. Nach Abschluß des Studiums unternahm *Guericke* eine neunmonatige Bildungsreise, damals faktisch Bestandteil des Studiums, nach England und Frankreich. Im Jahr seiner Rückkehr nach Magdeburg (1626) wurde *Guericke* in das Ratskollegium gewählt und heiratete.

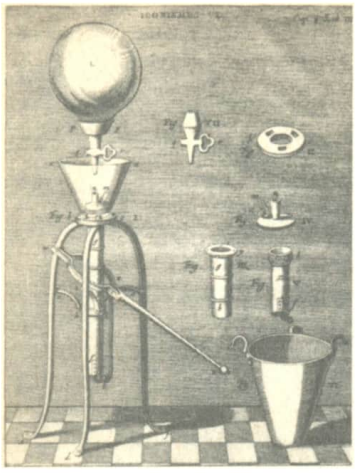
Magdeburg war für die kriegführenden Parteien des Dreißigjährigen Krieges als Festung und strategisch wichtiger Elbübergang bedeutsam. 1631 wurde die Stadt von Kaiserlichen Truppen belagert, erobert und geplündert. In dem wohl bei der Plünderung ausgebrochenen Brand wurde Magdeburg fast völlig zerstört. Auch *Guericke* verlor dabei all seine Habe. Er trat als Kriegsingenieur in schwedische Dienste. In dieser Eigenschaft befehligte er die Instandsetzung der Festungswerke und Brücken Magdeburgs. Als 1636 nach dem Abzug der Schweden kursächsische Truppen Magdeburg besetzten, wurde *Guericke* von diesen als Ingenieur übernommen. Er entwarf einen Plan für einen großzügigen Wiederaufbau Magdeburgs, der aber nicht verwirklicht wurde. Zugleich diente *Guericke* seiner Heimatstadt erfolgreich als Diplomat. Es gelang ihm, Kontributionsforderungen der sächsischen Besatzungstruppen zu mildern und 1646 deren völligen Abzug zu erreichen. Als Vertreter Magdeburgs bei der Vorbereitung des Friedens von Münster und Osnabrück (1648), der den Dreißigjährigen Krieg formal beendete, erreichte *Guericke*, daß Magdeburgs Forderungen (z. B. Erhebung zur Freien Reichsstadt) anerkannt

wurden. Magdeburg belohnte *Guerickes* diplomatische Leistungen durch Zuerkennung städtischer Privilegien (z. B. erbliche Abgabenfreiheit). Als auf dem Friedensexekutionstage zu Nürnberg (1649) die im Friedensvertrag festgelegten Maßnahmen realisiert werden sollten, vertrat *Guericke* wieder offiziell die Interessen seiner Heimatstadt. Er vermochte aber weder hier, noch bei weiteren Verhandlungen in Wien und Prag, noch beim Reichstag zu Regensburg (1653 bis 1654) eine Realisierung der Versprechungen von 1648 zu erreichen. Auf dem Regensburger Reichstag führte er 1654 den versammelten Fürsten und dem Kaiser Versuche mit einer ersten Luftpumpe und mit evakuierten Gefäßen vor. Die Regensburger Versuche machten *Guerickes* Namen über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt. Vom Kurfürsten von Mainz und Bischof zu Würzburg *Johann Philipp von Schönborn* (1605 bis 1673), der den Versuchen beigewohnt hatte, erhielt der Würzburger Professor für Mathematik und Physik, der Jesuit *Caspar Schott* (1608 bis 1666) den Auftrag, diese Versuche zu wiederholen und zu veröffentlichen. Diese Veröffentlichung — sie erfolgte mit *Guerickes* Einverständnis — war für den berühmten englischen Naturforscher *Robert Boyle* (1627 bis 1691) der Anstoß, gemeinsam mit *Robert Hooke* (1635 bis 1703) bereits 1658 eine Luftpumpe zu konstruieren und mit ihr Versuche durchzuführen.

Nach dem Regensburger Reichstag war *Guerickes* diplomatische Tätigkeit im wesentlichen beendet. Von 1646 bis 1676 war er einer der ständigen Bürgermeister Magdeburgs. 1666 wurde er vom Kaiser in den erblichen Adel erhoben, ab jetzt nennt er sich „*von Guericke*" statt „*Gericke*". 1681 zog *Guericke* zu seinem Sohn nach Hamburg, wo er am 11. Mai 1686 verstarb.

Guericke erwarb sich bleibende Verdienste durch seine Leistungen auf dem Gebiet der Vakuumtechnik, der Aero- und Hydrostatik, der Pneumatik und Hydraulik. Neben der Diskussion um das helio- und geozentrische Weltsystem spielte zu *Guerickes* Lebzeiten, der Zeit des Entstehens der neuen Naturwissenschaft, die Frage eine große Rolle, ob ein Vakuum möglich oder der Natur widersprechend und daher unmöglich sei. Von *Guerickes* sieben Büchern seines berühmten Werkes „Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den leeren Raum" (begonnen 1661, abgeschlossen 1664, 1672 in lateinischer Sprache in Amsterdam erschienen) sind die Bücher 1, 5, 6 und 7 vorwiegend astronomischen und philosophischen, die Bücher 2 und 4 ausgesprochen philosophischen Überlegungen gewidmet. Lediglich das Buch 3 hat „Eigene Versuche" zum Gegenstand. *Guerickes* bedeutsame Versuche und Erfindungen sind von seiner Philosophie nicht zu trennen. Sie „bilden einen Teil seiner Untersuchungen des Weltsystems und sind aus seinen ... philosophischen Überlegungen entstanden. Das seinem Charakter nach ... theoretisch-philosophische Problem ‚Raum' ist das primäre Anliegen Guerickes gewesen und geblieben. Sein Versuch, einen leeren Raum herzustellen, war entworfen worden und wurde durchgeführt ausschließlich zu diesem Zweck. Dasselbe gilt für seine Versuche mit der Schwefelkugel. Guerickes Philosophie hat in diesen Versuchen, Entdeckungen und Erfindungen Guerickes selbst ihre Auswirkung gefunden." [3; S. 141]

Wahrscheinlich hat *Guericke* seine im Buch 3 des genannten Werkes geschilderten Experimente um 1649 oder 1650 begonnen. Er nahm sie unabhängig von *Evangelista Torricelli* (1608 bis 1647) vor, der gemeinsam mit *Vincenzo Viviani* (1622 bis 1703)



Guerickes Luftpumpe

1643, ausgehend von einem Gedankenversuch *G. Galileis* den horror vacui („Abscheu vor dem Leeren", d. h. die Auffassung, daß die Natur kein Vakuum zulasse) messen wollte. Dabei gelangte er zur Entdeckung des Luftdrucks. Diese Entdeckung wurde durch den französischen Naturwissenschaftler und Philosophen *Blaise Pascal* (1623 bis 1662) bestätigt. Aber weder *Torricelli* noch *Pascal* konnten mit ihrem Versuchsgerät größere Volumina evakuieren. Beide vermochten, im Gegensatz zu *Guericke*, nicht zu beobachten, welche gewaltige Dimension der Luftdruck annimmt, wenn er auf größere Flächen wirkt.

Nach mehreren mißlungenen Versuchen entwarf *Guericke* eine Luftpumpe folgender Art: er montierte Pumpenkörper auf einen robusten Dreifuß, den er zudem noch mit Schrauben am Fußboden befestigte. Der Kolben wurde mittels eines längeren Hebels, der am Dreifuß gelagert und über ein Gelenk mit dem Kolben verbunden war, bewegt. Der Saugstutzen befand sich oben und war mit einem Trichter umgeben, der Wasser enthielt, um jedes Eindringen von Luft zu verhindern. Einen wassergefüllten Eimer ordnete er am unteren Ende an, in den die Pumpe bis zum Kolben eintauchte.

Mit dieser Pumpe hat *Guericke* seine weiteren Versuche durchgeführt, die ihn ein Vermögen kosteten. Andere Naturforscher, die angeregt durch *Guerickes* und *Torricellis* Versuche in steigender Zahl ähnliche Experimente durchführten, verwendeten durchgängig (transportable) Vakuumpumpen dieses Typs. Erst Ende des 19. Jh. setzten sich Erfindungen durch, die auf anderen Wirkprinzipien und Konstruktionen beruhten. Mit *Guerickes* Versuchen und seiner Pumpe wurde immer auch direkt oder indirekt die Luft oder der gasförmige Zustand untersucht. Die genauere Untersuchung der Luft hat zur Entwicklung der Chemie als Wissenschaft wesentlich beigetragen. *Guericke* leistete einen bedeutenden Beitrag dazu, daß das Experiment als legitimes Mittel betrachtet wurde, Fragen an die Natur zu stellen, ihm die Funktion zuzuerkennen, zwischen Streitfragen entscheiden zu können, sich vom Experiment leiten zu lassen. Gegen *René Descartes* (1596 bis 1650), *Christiaan Huygens* (1629 bis 1695) und auch *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646 bis 1716) vertrat *Guericke* seine Theorie des leeren Raumes, wobei er betonte: „Was ... durch

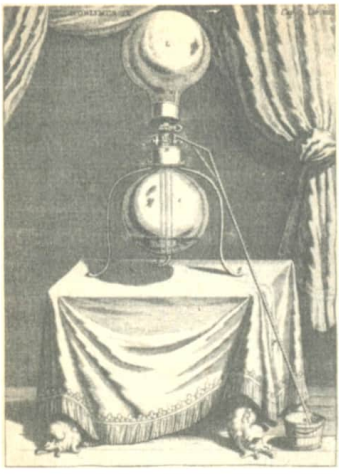
Erfahrung oder sinnliche Wahrnehmung bewiesen wird, muß jedem noch so wahrscheinlichen und blendenden Vernunftschluß vorgezogen werden; denn vieles scheint beim Ergrübeln oder Erörtern wahr, was doch, an der Wirklichkeit erprobt, nichts ausrichtet." [1; Vorrede an d. Leser]

Mit seiner Apparatur demonstrierte *Guericke* die Elastizität oder Spannkraft der Luft, operierte er gegen die horror-vacui-Vorstellung, zeigte, daß dessen Annahme zu Ungereimtheiten und Widersprüchen führte und die Annahme eines Ausdehnungsvermögens oder einer Spannkraft der Luft eine wirkliche Erklärung liefere und immer wieder bestätigt wurde. *Guericke* schuf als Ingenieur und Erfinder die notwendigen technischen Mittel wie Zylinder, Kolben, Kolbenstangen, Führungen, Befestigungen und Verankerungen, Hähne, Ventile, Konusse und alles, was zur Erzeugung und Beherrschung des Vakuums wichtig ist.

Guericke betrachtete die Schwere noch nicht als eine den Körpern innewohnende Eigenschaft. Sie sei von der „virtus conservativa" eines Himmelskörpers, hier der Erde, in den Körpern hervorgerufen. Die Größe der Schwere sei daher relativ. Sie hänge einmal von der Stärke dieser „virtus conservativa", die sich der Sache nach mit „Schwerkraft" übersetzen läßt, und von der Größe des Körpers, also seiner Masse, ab. *Guericke* gelangte zu dem Schluß, „daß die gemeinhin sogenannte Scheu vor dem Leeren nur hier in den unteren Luftschichten als eine Folge des Luftdrucks auftritt. Denn die äußere Luft treibt durch ihren Druck das Wasser nicht nur zu einem Ort hin, wo es freien Raum findet, sondern drückt es auch so weit in die Höhe, bis es mit der Luft selbst im Gleichwert steht." [1; 109]

Guericke folgerte auch, daß der äußere Luftdruck in Abhängigkeit vom Wetter schwanke. Er nahm in einer experimentellen Anordnung die Idee des Anaeroidbarometers vorweg und beschäftigte sich mit der Weiterentwicklung des Thermoskops bzw. des Thermometers. *Guericke* war Anhänger der Atomlehre, die gerade zu seiner Zeit besonders durch *Pierre Gassendi* (1592 bis 1655) aus der Antike neu aufgenommen wurde. *Guericke* bestritt entschieden *Descartes'* damals weit verbreitete Auffassung, es könne keinen Abstand geben ohne eine — materiell gedachte — Substanz, die ihn bewirke. *Guericke* hielt es u. a. für unsinnig, daß der sichtbare Abstand, den zwei Türme oder zwei Berge hätten, nur durch die zwischen ihnen befindliche Luft zustande gekommen sei, also nicht mehr bestehen könne, wenn die Luft fehle. Er untersuchte ziemlich umfassend das Verhalten der Dinge im leeren Raum. So stellte er fest, daß das Licht den leeren Raum wie einen durchsichtigen Körper durchdringt. Am nachhaltigsten und wirksamsten waren seine Bemühungen, die Gewalt des Luftdrucks in einem besonders eindrucksvollen Experiment vorzuführen.

Als Guericke 1657 in Magdeburg den Versuch mit den „Magdeburger Halbkugeln" demonstrierte, hatte er das Gewicht der Luftsäule ausgerechnet, das bei einem bestimmten Durchmesser auf den Kugelschalen lasten würde. Die Kugeln hatten einen Durchmesser von $^3/_4$ Ellen im ersten Versuch, von etwa einer Elle im zweiten. Sie bestanden je aus zwei kupfernen Halbkugeln mit einem Flansch. Ein mit Terpentin und Wachs getränkter Lederring wurde zwischen diese Flansche gelegt. Zudem erhielten die Halbkugeln noch je zwei starke Ösen, an die die Pferde angeschirrt werden konnten und den durch einen Hahn absperrbaren Pumpstutzen. Bei den kleineren Halbkugeln lasteten nach *Guerickes* Rechnung 2 686 Pfd. auf jeder



Tischapparatur,
mit der Guericke den Luftdruck
und die Elastizität der Luft
nachwies

Schale. Acht Pferde auf jeder Seite wurden angeschirrt, denen es aber nur manchmal gelang, die Halbkugeln auseinanderzureißen. Das geschah immer mit einem Knall, als ob eine Kanone abgefeuert würde. Für die Kugel mit einer Elle Durchmesser hatte *Guericke* einen Druck von rund 5 400 Pfd. ausgerechnet, der 34 Pferde für die Trennung erfordert hätte. *Guericke* spannte aber nur 24 Pferde vor, um eine Trennung zu vermeiden, weil dabei immer etwas beschädigt würde. Statt dessen ließ er einen Mann den Hahn öffnen und mit einer kleinen Handpumpe Luft in die Kugeln hineindrücken, bis sie von selbst auseinanderfielen. Dieser Magdeburger Versuch von 1657 erregte in ganz Europa Aufsehen, während die Versuche *Torricellis* und *Pascals* nur einem relativ kleinen Kreis von Gelehrten bekannt geworden waren. *Guericke* führte seinen Versuch auch in abgewandelter Form durch: er ließ sich im Hofraum seines Hauses einen stabilen Galgen bauen, an den er Haken und Rollen anbringen ließ. Im ersten Versuch hängte er die evakuierten Kugeln an den Haken und an die Ösen der unteren Schale eine starke Platte. Auf diese ließ er so lange Gewichte auflegen, bis die Kugelhälften auseinandergerissen wurden. Auf diese Weise hatte er eine exakte Kontrolle über seine Berechnung des Luftdrucks gewonnen. Ansonsten war dieser Versuch, wie auch dessen weitere Modifikationen, nur eine Wiederholung seines Grundprinzips mit anderen Mitteln. Sie betonten lediglich stärker die Rolle des Luftdrucks. So ließ sich *Guericke* statt der beiden Kugeln einen großen Zylinder vom Durchmesser der Kugeln anfertigen, in dem wie in einer Luftpumpe ein dicht schließender, beweglicher Kolben war. Diesen Zylinder ließ er fest am aufrechten Balken seines Galgens anbringen, so daß der geschlossene Boden des Zylinders unten lag. Vom Kolben ging eine starke Stange aus, an der ein entsprechend starkes Seil befestigt war, das über zwei am Galgen befindliche Rollen geführt wurde und an der Seite des Querbalkens wieder abwärts führte. An dieses abwärts geführte Seil ließ er 20 oder 30 dünnere Seile anknüpfen und jedes Seil einem kräftigen Mann in die Hand geben. Die Männer mußten nun an ihrem Seil kräftig ziehen. Dann ließ er über entsprechende Stutzen ein großes, vorher evakuiertes Gefäß an den Zylinder anschließen, so daß es mit dem Raum unterhalb des Kolbens in Verbindung gebracht werden konnte. Dann ließ er den

Hahn öffnen, wodurch der Raum zwischen Boden und Kolben plötzlich an das Vakuum im Gefäß angeschlossen wurde. Es entstand eine Luftverdünnung und ein Druckunterschied zum Außendruck. Der Kolben wurde mit großer Gewalt vom äußeren Luftdruck in den Zylinder hineingedrückt und riß dabei die die Seile haltenden Männer unwiderstehlich mit.

Huygens erzeugte das Vakuum unter Benutzung der Guerickeschen Versuchsanordnung, vervollkommnete sie aber. Wurde *Huygens'* Verfahren nicht benutzt, so verbesserte sein Mitarbeiter *Denis Papin* (1647 bis 1714) das Verfahren, ein Vakuum zu erzeugen, wesentlich (Vakuumkonservierung). Von *Papin* ging der englische Grobschmied *Thomas Newcomen* (1663 bis 1729) bei der Konstruktion seiner atmosphärischen Dampfmaschine aus (1712), die in den englischen Kohlenbergwerken zur Wasserhaltung eingesetzt wurde. *James Watt* (1736 bis 1819) hat bei der Reparatur einer Newcomenschen Maschine seine Dampfmaschine erfunden. *O. von Guericke* gehört also zu den Wegbereitern der Dampfmaschine. Wenn auch eine wesentliche Vorrichtung dazu — der einseitig geschlossene Zylinder mit dicht abschließendem Kolben — bereits bei *Ktesebios* (geb. um 300 v. u. Z.) zu finden ist, so gebührt *Guericke* doch das Verdienst, diese Vorrichtung für die Gewinnung mechanischer Arbeiten aus Druckdifferenzen von Luft vorgeschlagen zu haben.

Von allen Weltsystemen akzeptierte *Guericke* lediglich das copernicanische. Bei *Nicolaus Copernicus* (1473 bis 1543) blieb unbeantwortet, woher die Bewegung kommt und wie sie übertragen wird. Diese Lücke suchte *Guericke* auszufüllen. Er nahm unkörperliche Ausflüsse (virtutes incorporeae) an, die von den Himmelskörpern ausströmten und auf die anderen Himmelskörper mechanisch einwirken sollten. Damit unterstellte er eine unkörperliche (unstoffliche) Parallele zu den körperlichen bzw. stofflichen Ausflüssen, die in Form von Luft oder eines Duftes von den Körpern, vor allem den Himmelskörpern, ausgehen sollten. Zu diesen unkörperlichen Kräften zählte er u. a. das Licht. Diese Kräfte üben Fernwirkungen aus. Manche seiner Begriffe kommen dem von *Michael Faraday* (1791 bis 1867) eingeführten Feldbegriff nahe. Die „Elektrizität" erschien *Guericke* als ideales Modell einer unkörperlichen, in die Ferne wirkenden Kraft. Er kannte die Arbeit „de magnete" des englischen Arztes *William Gilbert* (1540 bis 1603). Davon ausgehend unternahm er Versuche mit der geriebenen Schwefelkugel, wobei er u. a. neben der bekannten Anziehungskraft die elektrische Abstoßkraft (Expulsivkraft) feststellt. Die Schwefelkugel ist eine Vorform der späteren Elektrisiermaschine. In seiner Auseinandersetzung mit dem geozentrischen Weltmodell entwickelte *Guericke* interessante Rotationsmodelle. Bei ihm finden sich in nuce bereits qualitativ wesentliche Punkte der Gravitationslehre *Isaac Newtons* (1643 bis 1727): die Abnahme der Anziehung mit der Entfernung, die Proportionalität mit beiden Massen, die Fernwirkung und die resultierende Kraft. Aber alles ist noch sehr verschwommen formuliert und bezeugt lediglich, daß sich eine qualitativ neue Naturwissenschaft Bahn bricht.

Da *Guerickes* Werk erst nach den Publikationen von *C. Schott* und *R. Boyle*, in denen sowohl von *Guerickes* als auch *Boyles* Vakuumversuchen berichtet worden war, erschien, fand es nicht die verdiente Aufmerksamkeit. Immerhin betont *Leibniz*, der sonst viele Bedenken gegen andere Theorien und Auffassungen *Guerickes* hatte, in einem Brief vom 17. August 1671 an diesen: „Wenn M. h. H. (mein hoher

Herr — S. W.) nichts anders iemals erfunden oder entdecket hätte, als die Kugel von Wunderlicher Würckung zu erleuchtung menschlicher wißenschafft, und die Ausschöpffung der Lufft zu vermehrung menschlicher Kräffte, hätte derselbe sich das Menschliche Geschlecht gnugsam verbunden." [6; S. 144] *Guerickes* Luftpumpe gehört neben dem Teleskop, dem Mikroskop und der Pendeluhr zu den bedeutendsten technischen Erfindungen des 17. Jh.

Lebensdaten zu Otto von Guericke

1602	Am 20. November (Julianischen Kalenders) als Sohn einer Patrizierfamilie in Magdeburg geboren
1617 bis 1620	Studium an der Universität Leipzig
1621 bis 1623	Studium der Jurisprudenz an der Universität Jena
1623 bis 1626	Studium in Leiden
1626	Rückkehr nach Magdeburg und Wahl in den Stadtrat
1631	Im Mai wird Magdeburg von kaiserlicher Truppen erobert, geplündert und zerstört. Ende des Jahres tritt *Guericke* als Ingenieur in schwedische Dienste
1636	Ingenieur im Dienste Kursachsens
1642 bis 1654	Diplomatische Tätigkeit als Beauftragter der Stadt Magdeburg
1654	Öffentliche Demonstration der Vakuumversuche auf dem Reichstag zu Regensburg
1657	Demonstration des Experiments mit den „Magdeburger Halbkugeln" in Magdeburg
1646 bis 1676	Vierter Bürgermeister der Stadt Magdeburg
1672	„Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio"
1686	*Otto von Guericke* stirbt am 11. Mai (Julianischen Kalenders) in Hamburg

Literaturverzeichnis zu Otto von Guericke

[1] *Guericke, O. v.:* Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den leeren Raum. Übers. und hrsg. von H. Schimank unter Mitarbeit von H. Gossen, G. Maurach und F. Krafft, Düsseldorf 1969.

[2] *Hoffmann, F. W.:* Otto von Guericke, Bürgermeister der Stadt Magdeburg. Ein Lebensbild aus der deutschen Geschichte des 17. Jahrhunderts. Hrsg. von J. O. Opel, Magdeburg 1874.

[3] *Kauffeldt, A.:* Otto von Guericke — Philosophisches über den leeren Raum. Berlin 1968.

[4] *Kauffeldt, A.:* Otto von Guericke. 5. Aufl., Leipzig 1982 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 11).

[5] *Schiebold, E.:* Otto von Guericke als Ingenieur und Physiker. In: Festschrift zum 10jährigen Bestehen der Technischen Hochschule Otto von Guericke, Magdeburg 1963.

[6] *Leibniz, G. W.:* Sämtliche Schriften und Briefe. Zweite Reihe: Philosophischer Briefwechsel, Bd. 1, Darmstadt 1926.

Jacob Leupold

Jacob Leupold (1674 bis 1727)

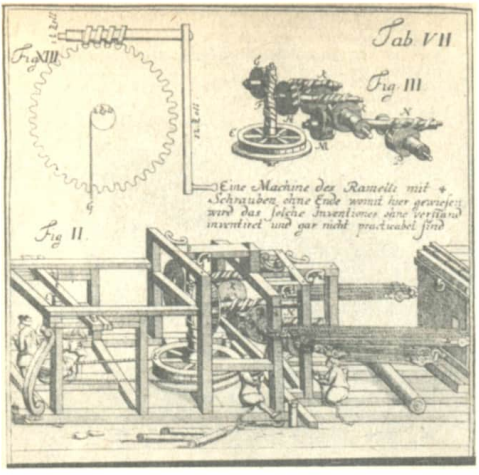
Als *Jacob Leupold* 1720 das Erscheinen seines wissenschaftlichen Hauptwerkes, des „Theatrum machinarum", ankündigte und den Aufbau der geplanten Publikation darlegte, schrieb er: Infolge vieler Ursachen ist die Mechanik, zumal in Deutschland, wenig geachtet. Zwar gebe es nicht wenige Bücher, in denen diese Wissenschaft im allgemeinen wie die Theorie und Praxis der zusammengesetzten Maschinen im besonderen abgehandelt werde. Doch seien diese Schriften entweder nur den Gelehrten verständlich, die über die entsprechenden theoretischen Kenntnisse verfügten, oder aber — was auf die große Mehrzahl solcher Bücher zutreffe — sie besäßen kein solides wissenschaftliches Fundament. Daraus erklärt *Leupold* seine Absicht, Theoretikern wie Praktikern, Handwerkern und Manufakturisten ein Buch in die Hand zu geben, das vornehmlich solche Maschinen erläutere und abbilde, die auch wirklich in Anwendung sind und ohne welche die Praxis nicht auskomme. Daher habe er sich schon seit mehr als zwanzig Jahren vorrangig mit der Mechanik beschäftigt, sei viel gereist, habe sich vor allem „Mühlwerk, Wasser-Künste und Bergwercks-Maschinen" angesehen, sich mit vielen Liebhabern solcher „Künste" beraten und die Literatur vieler Länder studiert. Sein Plan bestehe nun darin, in „17 bis 18 Tomis oder Folianten" ein „Theatrum machinarum" herauszugeben.
Leupold konnte diesen großangelegten Plan nicht voll verwirklichen — zu seinen Lebzeiten erschienen nur sieben Bände, ein achter wenige Monate nach seinem Tode und ein neunter Band wurde erst 1739 von seinen Verwandten herausgegeben.
Leupold wurde am 22. Juli 1674 in Planitz bei Zwickau als Sohn eines Handwerkers geboren. Nach dem Besuch der Zwickauer Schule ging er zunächst nach Jena, um an der dortigen Universität Theologie zu studieren und den berühmten Mathematiker und Frühaufklärer *Erhard Weigel* (1625 bis 1699) zu hören. Fehlende Unterhaltsmittel zwangen ihn bald, die Universität zu verlassen. Auch in Wittenberg, wo *Leupold* sein Studium fortsetzte, gebrach es ihm bald an den nötigen Mitteln zum Leben. Daher wandte er sich nach Leipzig, wo er zunächst das Studium der

Theologie fortsetzte. Ob der Zwang der Umstände ihn dazu trieb, sich vollends der Mechanik zuzuwenden, läßt sich nicht eindeutig nachweisen, wie überhaupt manche der Lebensstationen *Leupolds* nicht gänzlich aufgehellt sind. Sicher ist nur, daß die Unterrichtshilfen und mechanischen Instrumente, die *Leupold* zur Erleichterung seiner pädagogischen Tätigkeit fertigte (er gab Privatstunden), bald die Aufmerksamkeit von Schülern, Studenten und wohl auch angesehenen Leipziger Bürgern fanden. So entschloß er sich, eine Mechanikerwerkstatt zu eröffnen. Die erhoffte finanzielle Unabhängigkeit stellte sich freilich nicht sofort ein. Er nahm deshalb die ihm angebotene Stelle eines „Hausvaters" — eines Verwalters oder ökonomischen Leiters — am Lazarett im Rosental zu Leipzig an. Sie ließ ihm offensichtlich genug Zeit, seinen Neigungen nachzugehen. Die Anfertigung wissenschaftlicher Instrumente und Apparate bestimmte von nun an *Leupolds* Tätigkeit.

Seit der Mitte des 16. Jh. war das Experimentieren und Rechnen zur neuen Methode naturwissenschaftlicher Forschung geworden. Das Interesse der Gelehrten wandte sich der Praxis der handwerklichen Berufe zu und gab dieser erstmalig eine theoretische Grundlage. Es erschienen verstärkt technische Bücher, deren Verfasser in der Praxis gewonnene Erfahrungen damaliger Ingenieurtätigkeit mit theoretischen Überlegungen vereinigten. Vom Italiener *Vannoccio Biringuccio* (1480 bis 1537) erschien 1540 in Venedig mit den zehn Büchern „De la pirotechnia" ein Kompendium der metallurgisch-technologischen Kenntnisse und der Feuerwerkerei. 1578 erschien in Lyon das große technische Lehrbuch „Théâtre des instruments mathematiques et mecaniques ..." des Franzosen *Jacques Besson* (um 1500 bis 1569). Zehn Jahre später veröffentlichte der italienische Techniker *Agostino Ramelli* (um 1530 bis um 1590) ein reich illustriertes Werk: „Le diverse et artificiose maccine ..." *Ramellis* Maschinenentwürfe sind höchst kompliziert und sollten bewußt als mathematische Demonstrationen verstanden werden, sie waren aber nicht immer auch praktisch ausführbar.

So instruktiv diese und manch andere technischen Lehrbücher als Zeitdokument wissenschaftlich-technischen Schaffens sind — viele der in ihnen abgebildeten Maschinen waren noch wenig typisch für den alltäglichen Arbeitsprozeß. Noch immer war das direkt von der Hand geführte Werkzeug wichtigstes Produktionsinstrument, und Wind und Wasser bildeten die energetischen Potenzen, ergänzt durch tierische und menschliche Muskelkraft. Uhr und Mühle waren jene Mechanismen, die der Wissenschaft — und hier vor allem der Mechanik — ständig neue Anregungen zu Fragestellungen, zu neuen Versuchen mit Transmissionen, zu neuen Konstruktionen gaben. Als Mühle galten alle Aggregate, mit deren Hilfe Naturkräfte auf Werkzeuge übertragen wurden, die wiederum den Arbeitsgegenstand in seiner materiellen Form und Funktionstüchtigkeit veränderten.

Leupold steht mit den von ihm konstruierten mechanischen Instrumenten und Apparaten zwischen dem, was das 16. und 17. Jh. an neuen Produktionsinstrumenten und technischen Hilfsmitteln hervorgebracht hatte und den Anfängen der industriellen Revolution: dem Übergang vom handgeführten Werkzeug zur Werkzeugmaschine. In seinem Schaffen widerspiegelt sich das Streben nach einer stärkeren rationalen Durchdringung der technischen Gebilde. *Leupold* fühlt sich dem Mechaniker und Kunstmeister seiner Zeit, im heutigen Sinne dem Ingenieur ver-

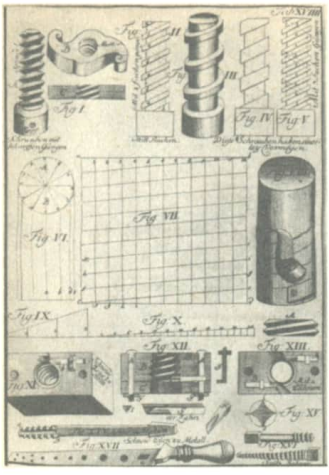


Von Leupold
kritisch kommentiertes Hebezeug
von Ramelli

pflichtet. Obwohl ihm der Aufstieg aus der Handwerkerschicht in die Reihen der Gelehrten nicht gelang, „erlangte er gerade durch seine ‚Zwischenstellung' eine allseits geachtete Position. Seine geistigen Fähigkeiten und seine wissenschaftliche Ausbildung einerseits und seine überdurchschnittliche Begabung als Instrumentenbauer und Erfinder öffneten ihm die Türen in der wissenschaftlichen Welt ...". [17; S. 266] Mehr noch als der eigene Erfindungsreichtum hinterließ *Leupolds* schriftstellerisches Werk Wirkungen. Die Wohlfahrt des Landes zu heben, die Produktivität der Arbeit zu steigern war sein wichtigstes Anliegen. Gewerbe, Manufakturen und Bergwerke, so fordert er, müßten sich vor allem der wissenschaftlichen Erkenntnisse bedienen. Ohne mathematische und physikalische Grundlegung sei letztlich kein Fortschritt möglich. Die Forderung, die staatlichen Beamten sollten sich solide Kenntnisse aneignen, um den technischen Fortschritt lenken zu können, rückt *Leupold* schon in die Nähe der Kameralisten, denen die Technologie als Anleitung zu produktivem technisch-ökonomischem Handeln galt.

Die Reihe der von ihm „Neu-erfundenen Machinen" eröffnet *Leupold* 1705 mit einer verbesserten Luftpumpe, die er zwei Jahre später der Öffentlichkeit in der ersten seiner drei Schriften über die „Antlia pneumatica illustrata" mit dem Bemerken vorstellt, daß „die Erfahrung, Probirung und Untersuchung eines Dinges die beste Lehrmeisterin sey, und die lateinische Sentenz: Experientia rerum Magistra, oder aber, wie mein Symbolum und Haupt-Spruch lautet: *Experiendo docemur*, recht behält, könne auf vielerley Art bewiesen werden." [1; Vorrede] Er habe sich entschlossen, „dieses curieuse Werck in teutscher Sprache" zu beschreiben, denn viele „Edel- und Kauffleute" seien der lateinischen Sprache nicht kundig, doch gerade von ihnen sei anzunehmen, daß sie „was ingenieuses" verrichten könnten.

Schon in dieser frühen Schrift zeigt sich *Leupold* als vorzüglicher Kenner der Fachliteratur. Er beschreibt die Geschichte der Luftpumpe seit *Otto von Guericke* (1602 bis 1686), dessen Erfindung er nicht nur würdigt, sondern auch kritisch betrachtet, nennt den „gelehrten Boyle" (*Robert Boyle*, 1627 bis 1691) und die von diesem verbesserte Luftpumpe, um in den folgenden Kapiteln die von ihm selbst



Verschiedene Schraubenformen, Abwicklung und Fertigungshinweise

konstruierte „vollkommene Antlia" vorzustellen, deren Wirkungsgrad und Handlichkeit sie vorteilhaft von allen früheren Luftpumpen unterscheidet.

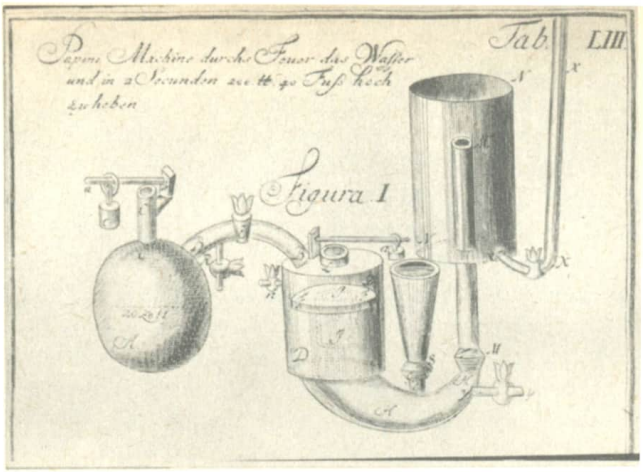
Leupold grenzt sich entschieden von großsprecherischen Projektemachern ab. So schreibt er: „Dahero noch täglich sich viele neue Künstler und Inventions-Meister finden, die lauter Wunderwercke zu machen wissen und Krafft ohne Krafft ausüben ... Aber all dieses närrische Zeug und Windmacherey entsteht blos daher: Weil solche Leuthe kein Fundament haben und Krafft, Last und Zeit nicht zu berechnen wissen. Aus eben dieser Ursache sind so viele Mißgeburthen von Machinen entstanden, und so viel Bücher damit angefüllet worden, die nicht nur ihre Inventores, sondern auch andere, die solche imitieren wollen, öfters Hab und Gut, ja um ihre gantze Renomee gebracht." [7; Vorrede]

Leupold und seine Mitarbeiter stellten 30 Luftpumpen verschiedener Bauart her. Eine der schönsten Konstruktionen, ein Exemplar mit schrägliegendem Stiefel, wurde für die Dresdner Kunstkammer angeschafft und findet sich heute im Mathematisch-Physikalischen Salon des Zwingers. Der Bau von Luftpumpen, die man sich als Hauptaggregat eines Systems von Geräten für verschiedene Versuchszwecke vorzustellen hat, machte *Leupold* mit Wissenschaftlern seiner Zeit bekannt und eröffnete ihm auch den Zugang zum sächsischen Hof. 1706 ließ *August II.* (der Starke) (1670 bis 1733) eine der ersten von *Leupolds* Luftpumpen vorführen.

Nach dem Tode seiner ersten Frau gab *Leupold* die Hausvaterstelle am Lazarett auf, gründete 1714 oder 1715 am Leipziger Neukirchhof ein „Mechanisches Laboratorium" und ließ sich noch einmal an der Leipziger Universität immatrikulieren. Er erhoffte sich wahrscheinlich dadurch vor allem die Anerkennung als Universitätsmechaniker, denn die Zünfte verhielten sich ihm gegenüber, der keine Lehre abgeschlossen hatte, ablehnend. Dieser Wunsch sollte sich jedoch nicht erfüllen.

Inzwischen war *Leupolds* Ruf als Instrumentenbauer und streitbarer Mechanikus über Sachsens Grenzen gedrungen. Die „Königliche Societät der Wissenschaften" Preußens in Berlin ernannte ihn 1715 zu ihrem auswärtigen Mitglied.

Leupolds Hauptwerk, das in deutscher Sprache verfaßte und nur mit einem lateinischen Obertitel versehene „Theatrum machinarum" erschien in den Jahren 1724



Darstellung von Papins atmosphärischer Dampfmaschine aus dem Jahre 1707

bis 1739 in dem stattlichen Umfang von 1764 Seiten und 472 Kupfertafeln im Folioformat. Es enthält eine umfassende, gemeinverständliche Darstellung des damaligen Maschinen-, Instrumenten-, Wasser- und Brückenbaus. Die Vorzüge dieses Werkes gegenüber früherer Literatur dieses Anspruchs und Genres wie generell seine keinesfalls auf Deutschland beschränkt bleibende Wirkung liegen in folgendem: *Leupold* bemüht sich um eine klare Begriffsbildung. Er wußte, daß viele seiner Leser die „Kunst-Wörter oder Terminorum Technicorum", die in der Regel lateinisch gefaßt waren, nicht beherrschten. Er berücksichtigt die pädagogische Erfahrung, daß die Wiederholung von Begriffen und Leitsätzen „diejenigen, so weiter keine Ausführung haben, und nicht gewohnet sind das vorhergehende fest zu behalten oder nur zu repetieren, und vielleicht aus dem andern, wenn das erste nicht zugänglich gewesen, oder aus Zusammenhaltung beyder, desto leichter es fassen mögen ..." [7; Vorrede] Seine Vorliebe für die Darstellung und kritische Analyse solcher Maschinenentwürfe, die sich nicht in praktikable Maschinen umsetzen ließen, findet seinen Grund darin, daß er dem Leser die Fähigkeit anerziehen will, aus Fehlern zu lernen. [17; S. 270] Vor allem *Ramellis* komplizierten Konstruktionen, die entweder überhaupt nicht in die Praxis eingeführt werden konnten oder deren Wirkungsgrad aus ökonomischer Sicht äußerst gering sein mußte, wendet sich *Leupold* kritisch und belehrend zu. Immer wieder zeiht er solche „Projektemacher" der Unwissenschaftlichkeit und des leeren Geredes, ja des Betrugs. Sarkastisch äußert er sich über sog. „Künstler", „Arkanisten", „mechanische Helden", deren Sucht, niemals verwertbare Neuheiten zu erfinden, an den absolutistischen Höfen nicht selten Gefallen fand.

Es überrascht, daß *Leupold* die Zeichnungen höchst selten mit einem Maßstab versieht. Doch der Verfasser erklärt, es sei kein Versehen, „daß bei vielen Maschinen kein Maaßstab weder auf dem Riß noch schriftlich bemercket, weil es meist Exempel die nur zur Erklährung, nicht aber zur Imitation dienen sollen, oder es sind Maschinen die wegen Materialien, Zeit, Orth, Krafft, Last oder anderen Umständen stetige Veränderung leiden, und es genug ist, wenn die mechanischen Verhältnisse exprimiret sind." [7; Vorrede]

Leupold weist der Dampfmaschine und deren geschichtlicher Entwicklung einen bedeutenden Platz in seinem Werk zu. Er beschreibt im „Theatrum machinarum generale" die Dampfpumpen von *Denis Papin* (1647 bis 1712) und *Thomas Savery* (um 1650 bis 1715) und gibt die Abbildung einer Dampfmaschine wieder, die er von *August dem Starken* erhalten haben will, der ihm auch geraten haben soll, sie in sein Werk aufzunehmen. Bei diesem Entwurf handelte es sich um eine Savery-Maschine, die *Papin* 1705 verbesserte. Das Kapitel „Von Feuer-Machinen" ist wohl der erste ernsthafte, ausführliche Bericht über die englischen Dampfmaschinen. Daß *Leupold* einen eigenständigen Beitrag zur Entwicklung der Dampfmaschine geleistet hat, läßt sich dem Entwurf einer „Feuer-Machine mit zwey Stiefeln und Kolben durch die Expansion die Krafft auszuüben" entnehmen. Sie gilt als die erste Darstellung einer Zweikolben-Hochdruckmaschine. *Leupold* hat diese Maschine zwar nie gebaut, doch ausdrücklich vermerkt, daß er nichts dagegen habe, wenn ein anderer „Curiosus" sich dieser Zeichnung bediene, um die Maschine herzustellen. *James Watt* (1736 bis 1819), der die deutsche Sprache nicht zuletzt deshalb erlernte, um „den Leupold" im Original lesen zu können, hat daraus allerdings keinen Nutzen gezogen, weil er es zeitlebens ablehnte, die Anwendung höherer Drücke bei Dampfmaschinen zu versuchen.

Die Konstruktion mechanischer Rechenmaschinen, zu *Leupolds* Lebzeiten ein begehrtes Objekt wissenschaftlich-technischen Schaffens, hat auch in seinem Werk Niederschlag gefunden. Das 1727 publizierte „Theatrum Arithmetico-Geometricum" enthält eine Abhandlung „von Rechen-Machinen", die als das erste Lehrbuch über den Bau von Rechenmaschinen gelten darf. Auch auf diesem Gebiet hat sich *Leupold* durchaus eigenschöpferisch versucht. Schon seit zwanzig Jahren, schreibt er, habe er sich damit beschäftigt. Ob *Leupold* wirklich Rechenmaschinen gebaut hat, läßt sich nicht nachweisen. Doch zeigt „die Leupoldische oder des Autoris curieuse und gantz neue Rechenmachine" [14; S. 38—41] die Funktionsfähigkeit dieser konzentrischen 4-Spezies-Rechenmaschine, deren Prinzip der Erfinder der ersten in Serie hergestellten Rechenmaschine, der schwäbische Pfarrer *Philipp Matthäus Hahn* (1739 bis 1790), gekannt hat.

In seinen letzten Lebensjahren beschäftigte sich *Leupold* intensiv mit dem Bergbau. Am 20. Januar 1725 ernannte ihn sein Landesherr *August der Starke* zum Bergwerkskommissar und königlichen Rat. Ihm wurde die Aufgabe übertragen, die „Inspektion und beßre Einrichtung sämtlicher bey Unsern Bergwercken befindlichen Waßer Künste und Machinen" vorzunehmen.

Die Aufzählung *Leupold*scher Erfindungen und Verbesserungen würde mehrere Seiten beanspruchen. Noch hat die Wissenschafts- und Technikgeschichte keine endgültige Bilanz seiner Leistungen vorlegen können. Unbestritten ist jedoch, daß der Leipziger Mechaniker im ersten Drittel des 18. Jh. mit seinen Erfindungen und seinem „Theatrum machinarum" eine Entwicklungshöhe erreichte, die auch in den damals führenden europäischen Ländern nur wenige Techniker repräsentierten.

Lebensdaten zu Jacob Leupold

1674	Am 22. Juli in Planitz bei Zwickau geboren
1696	Immatrikulation an der Universität Leipzig; weiteres Studium der Theologie nach vorhergehendem Studium in Jena und Wittenberg
1699	Eröffnung einer Mechanikerwerkstatt
1702 bis 1715	Tätigkeit als „Hausvater" (Oeconomus) im Lazarett im Rosental
1705	Bau der ersten (verbesserten) Luftpumpe
1707	„Antlia pneumatica illustrata"
1715	Erneute Immatrikulation an der Universität Leipzig
1714 bzw. 1715	Eröffnung eines Mechanischen Laboratoriums in Leipzig
1716	Anfertigung einer „Heu-Waage" für den Rat der Stadt Leipzig
1719	„Kurze Nachricht von einer neuerfundenen kleinen Feuerspritze"
1719	*Leupold* leistet den Bürgereid der Stadt Leipzig
1720	Beginn der Ausarbeitung des „Theatrum machinarum"
1727	*Jacob Leupold* stirbt am 12. Januar in Leipzig

Literaturverzeichnis zu Jacob Leupold

[1] *Leupold, J.:* Antlia pneumatica illustrata. Das ist Eine deutliche Beschreibung der so genandten Lufft-Pumpe ... Leipzig 1707.

[2] *Leupold, J.:* Antliae pneumaticae illustratae continuatio prima. Oder, Erste Fortsetzung und Vermehrung des Tractats von der Lufft-Pumpe ..., Leipzig 1712.

[3] *Leupold, J.:* Antliae pneumaticae, continuatio secunda. Oder: Die andere Fortsetzung des Tractats von der Lufft-Pumpe ..., Leipzig o. J. (1715).

[4] *Leupold, J.:* Beschreibung Neuer Wasser- oder Horizontal-Waagen, Leipzig 1718.

[5] *Leupold, J.:* Die Leipziger Heu-Waage Oder Beschreibung einer großen Schnell-Waage, Leipzig 1718.

[6] *Leupold, J.:* Vollkommene Nachricht Von denen Mechanischen Schrifften oder Theatro machinarum universali. Leipzig 1720.

[7] *Leupold, J.:* Theatrum machinarum generale. Schau-Platz des Grundes mechanischer Wissenschaften ..., Leipzig 1724.

[8] *Leupold, J.:* Theatrum machinarum hydrotechnicarum. Schau-Platz der Wasser-Bau-Kunst ..., Leipzig 1724.

[9] *Leupold, J.:* Theatrum machinarum hydraulicarum. Tomus I. oder: Schau-Platz der Wasser-Künste, erster Theil ..., Leipzig 1724.

[10] *Leupold, J.:* Theatri machinarum hydraulicarum, Tomus II. oder: Schau-Platz der Wasser-Künste, anderer Theil ..., Leipzig 1725.

[11] *Leupold, J.:* Theatrum machinarum, oder: Schau-Platz der Heb-Zeuge ..., Leipzig 1725.

[12] *Leupold, J.:* Theatrum staticum universale ..., Leipzig 1726.

[13] *Leupold, J.:* Theatrum pontificiale, oder Schau-Platz der Brücken und Brücken-Baues ..., Leipzig 1726.

[14] *Leupold, J.:* Theatrum arithmetico-geometricum, das ist: Schau-Platz der Rechen- und Mess-Kunst ..., Leipzig 1727.

[15] *Leupold, J.:* Theatri machinarum supplementum. Das ist: Zusatz zum Schau-Platz der Maschinen und Instrumenten ..., Leipzig 1739.

[16] *Wustmann, G.:* Ein Doktor-Ingenieur aus der Barockzeit. In: Aus Leipzigs Vergangenheit. Gesammelte Aufsätze. Bd. 3, Leipzig 1909, S. 254—277.

[17] *Troitzsch, U.:* Zum Stande der Forschung über Jacob Leupold (1674—1727). In: Technikgeschichte, Düsseldorf 42 (1975) 4, S. 263—286.

2 Techniker und Ingenieure in der Periode der industriellen Revolution und der Herausbildung der Technikwissenschaften

„Dampf, Elektrizität und Spinnmaschine waren Revolutionäre von viel gefährlicherem Charakter als selbst die Bürger Barbès, Raspail und Blanqui."

(Karl Marx)

„Als Maschinerie erhält das Arbeitsmittel eine materielle Existenzweise, welche Ersetzung der Menschenkraft durch Naturkräfte und erfahrungsmäßige Routine durch bewußte Anwendung der Naturwissenschaft bedingt."

(Karl Marx)

Einführung

Die technischen, ökonomischen und sozialen Entwicklungen in zahlreichen Ländern Europas und in Nordamerika während der zweiten Hälfte des 18. und der ersten Hälfte des 19. Jh. bezeichnet man zusammenfassend als „industrielle Revolution". Damit sind revolutionäre Umwälzungen im Bereich der Produktivkräfte *und* der Produktionsverhältnisse gemeint, die letztlich zur vollen Durchsetzung der kapitalistischen Produktionsweise als vorherrschende Form auf der ihnen angemessenen materiell-technischen Basis führten. Obwohl sich in den einzelnen Ländern die konkreten Bedingungen, die Formen, der Beginn und der Verlauf der industriellen Revolution stark unterschieden (worauf hier nicht näher eingegangen werden kann [vgl. dazu 1; S. 207ff.; 2; S. 136ff.; 3]), besitzt sie folgende allgemeine Wesenszüge: es kam zur Ersetzung des handgeführten Werkzeugs durch die Arbeits- oder Werkzeugmaschine; die Produktion nahm industriellen Charakter an; die (Natur-)Wissenschaft (speziell die Physik und die Chemie) wurde immer mehr zur unmittelbaren Produktivkraft; mit dem Übergang zu einer neuen technologischen Produktionsweise gingen grundlegende soziale Veränderungen in der Gesellschaft einher; es kam zur Übernahme der vollen politischen Macht durch die Bourgeoisie und zur Herausbildung des Proletariats als Klasse.

Die industrielle Revolution begann in der zweiten Hälfte des 18. Jh. in England, dem damals technisch am weitesten entwickelten Land, wo im Gefolge der bürgerlichen Revolution (1642 bis 1660) bereits in der zweiten Hälfte des 17. Jh. die feudalen von kapitalistischen Produktionsverhältnissen abgelöst worden waren. Intensität und Ausmaß dieses Prozesses charakterisierte *Engels* folgendermaßen: „Während in Frankreich der Orkan der Revolution das Land ausfegte, ging in England eine stillere, aber darum nicht minder gewaltige Umwälzung vor sich. Der Dampf und die neue Werkzeugmaschinerie verwandelten die Manufaktur in die moderne große Industrie und revolutionierten damit die ganze Grundlage der bürgerlichen Gesellschaft. Der schläfrige Entwicklungsgang der Manufakturzeit verwandelte sich in eine wahre Sturm- und Drangperiode der Produktion." [4; S. 243] Welche Faktoren bewirkten diesen Prozeß, welche Bedingungen und Voraussetzungen waren vorhanden?

Innerhalb der Manufakturen, die in jener Zeit die vorherrschende Form des Produktionsbetriebes waren, wurde *erstens* die Arbeitsteilung innerhalb des Einzelbetriebes bis an die Grenzen des Möglichen und Machbaren getrieben. Damit wurden viele Teilarbeiten auf einfache mechanische Operationen und Tätigkeiten reduziert, die leicht von Maschinen übernommen werden konnten: „Von dem Augenblick an, wo die menschliche direkte Beteiligung an der Produktion nur noch darin bestand, daß er als einfache power wirkte, das Prinzip der Arbeit durch Maschinerie gegeben. Der Mechanismus war da; die Triebkraft selbst konnte später durch Wasser, Dampf etc. ersetzt werden." [5; S. 29] Einher damit ging die Ausprägung einer hochgradigen beruflichen Meisterschaft des Arbeiters innerhalb der Differenzierung und Spezialisierung der Produktion. So wuchsen die für die maschinelle Großproduktion notwendigen geschickten Handwerker und Maschinenbauer heran, aus denen sich die Berufsgruppe der Ingenieure und Techniker entwickeln sollte.

Zweitens vollzogen sich Veränderungen im Bereich der Technik, in der Entwicklung von Arbeitsmitteln und hinsichtlich der Einbeziehung des Menschen in den unmittelbaren Produktionsprozeß. Die Entwicklung in den Manufakturen hatte zu einer Spezialisierung und Vervollkommnung der Arbeitsinstrumente geführt. Diese bezeichneten einen bedeutenden Schritt vorwärts in der praktischen Erfahrung und in den empirischen Kenntnissen des Menschen bei der Ausnutzung und der Kombination verschiedener Eigenschaften von Naturstoffen und einfacher Naturkräfte im Arbeitsprozeß. Diese Spezialisierung und Vervollkommnung der manuellen Arbeitsinstrumente sowie deren höchstmögliche Vereinfachung stellt eine der technologischen Voraussetzungen für die Entwicklung der Maschinerie dar. Erst in dieser Form war die Übergabe von Funktionen des Menschen (Antriebs-, Übertragungsfunktion) im großen Maße an technische Mittel möglich, konnte von den Hand-Werkzeugen zu Maschinen übergegangen werden. Hatte der Arbeiter im Handwerksbetrieb oder in der Manufaktur mit einfachen Werkzeugen selbst auf den Arbeitsgegenstand eingewirkt, so konnte die Werkzeug- oder Arbeitsmaschine in der Fabrik die Hand des Arbeiters ersetzen. Damit war die Arbeitsmaschine zu einem Mechanismus geworden, der die gleichen Operationen bewältigte, die ehedem der Handwerker oder Arbeiter unter Verwendung ähnlicher Werkzeuge manuell ausgeführt hatte. Hierin ist *drittens* die Basis für die Eingliederung der Wissenschaft in den Produktionsprozeß gegeben. Die technologischen Grundlagen und Prinzipien

der maschinellen Produktion bestehen in der Zerlegung des Produktionsprozesses in seine Bestandteile und konstituierenden Elemente (Aufgabe der Wissenschaft Technologie) sowie in der Lösung der auftretenden technischen Probleme „durch Anwendung der Mechanik, Chemie usw., kurz der Naturwissenschaften". [6; S. 485] Das erfordert einen bestimmten Entwicklungsstand der experimentellen Wissenschaften, die Ausbildung enger Wechselbeziehungen zwischen Naturwissenschaft, Mathematik und Produktion und führte zur Herausbildung der Technikwissenschaften als eigenständige wissenschaftliche Disziplinen.

Viertens schließlich ist eine Reihe ökonomischer Faktoren zu nennen, die mit den Möglichkeiten der Befriedigung gesellschaftlicher Bedürfnisse zusammenhängen: „Unmittelbar wird die Maschinenarbeit als revolutionierendes Element ins Leben gerufen durch den Überschuß des Bedürfnisses über die Möglichkeit, ihn mit alten Produktionsmitteln zu befriedigen." [5; S. 51] Die industrielle Revolution nahm ihren Ausgangspunkt im englischen Textilgewerbe, dem in jener Zeit führenden Produktionszweig. Die rasche Ausdehnung des Marktes, die erhöhte Nachfrage nach Baumwollstoffen, die Steigerung der Produktion billiger Stoffe, die Senkung der Herstellungskosten erzeugten fortwährend einen gewaltigen Bedarf an technischen Neuerungen. Als Ergebnis dieser „ökonomischen Herausforderung" kam es zu einer Reihe bedeutender Erfindungen im Bereich des Spinnens und Webens (mechanischer Webschütze; mechanische Streckvorrichtung; „Spinning-Jenny"; „spinning-mule" u. a.).

War die Erfindung und breite Anwendung von Arbeitsmaschinen sozusagen die erste Etappe der industriellen Revolution, so erforderte die Weiterentwicklung und Vergrößerung der Arbeitsmaschinen sowie die Möglichkeit, eine große Zahl gleichartiger Mechanismen gleichzeitig zu betreiben, leistungsstärkere Antriebsmaschinen. Wasser-, Wind- und Muskelkraft waren dafür nicht mehr ausreichend. An einer leistungsfähigen Wärmekraftmaschine, die eine entsprechende Möglichkeit darstellte, arbeiteten deshalb Erfinder zahlreicher Länder. Das Ergebnis, die Dampfmaschine, kann man deshalb mit Recht als „die erste wirklich internationale Erfindung" [7; S. 392] bezeichnen. In dieser „zweiten Etappe" der industriellen Revolution wurde eine Antriebsmaschine geschaffen, die in ihren technischen Anwendungsmöglichkeiten nahezu universell (d. h. fast unabhängig von bestimmten Standortbedingungen) war und deshalb „allgemeiner Agent der großen Industrie" [6; S. 398] wurde. Da die Energie der Dampfmaschine nicht direkt auf die Arbeitsmaschine übertragen werden konnte, wurde ein Zwischenglied, der Transmissionsmechanismus erforderlich. Damit bildete sich die für die „klassische" Maschine charakteristische dreigliedrige Struktur heraus, bestehend aus den Elementen Antriebsmechanismus, Übertragungs- oder Transmissionsmechanismus und Arbeits- oder Werkzeugmechanismus.

Die Schaffung von Arbeitsmaschinen speziell in der Textilindustrie und die Entwicklung eines universellen Antriebsmechanismus führten in einer „dritten Etappe" zu Veränderungen im Maschinenbau. Dieser beruhte bisher noch immer vorwiegend auf Handarbeit. Auf dieser „unangemeßnen materiellen Grundlage" [6; S. 403] waren aber die Aufgaben, die der Bau von Antriebs-und Werkzeugmaschinen jetzt mit sich brachte — höhere Genauigkeit, niedrigere Preise, höhere Stückzahlen, bessere Paß- und Austauschfähigkeit usw. — nicht mehr lösbar. Dieses „technische Be-

dürfnis" führte zur Erfindung von Arbeitsmaschinen im Maschinenbau (mechanischer Werkzeugschlitten; Drehbank), die den gewachsenen Anforderungen gerecht wurden. Mit den Entwicklungen dieser drei „Etappen" (die in ihrer gegenseitigen Wechselwirkung und nicht nur im teilweisen zeitlichen Nacheinander zu sehen sind) hatte sich die der maschinellen Großproduktion angemessene materiell-technische Basis herausgebildet. Auf ihr konnte sich der Kapitalismus — der sich inzwischen durch erfolgreiche oder unvollendet gebliebene bürgerliche Revolutionen bzw. durch weitgehende Reformen entsprechende soziale Grundlagen geschaffen hatte — voll entfalten.

Dieser Prozeß vollzog sich keineswegs widerspruchslos. Die große Maschinerie führte dazu, daß die dem Kapitalismus immanenten objektiven Widersprüche, die alle auf dem grundlegenden Antagonismus der kapitalistischen Produktionsweise, dem Widerspruch zwischen dem gesellschaftlichen Charakter der Produktion und der privaten Aneignung der Resultate der Produktion beruhen, deutlicher und offen zutage treten. Dementsprechend werden die sozialen Gegensätze schärfer. So verschlechterten die ersten Arbeitsmaschinen in England die Lage der Arbeiter zusehends, die Maschinen wurden zu einem Mittel verstärkter Ausbeutung und Unterdrückung sowie der Vergrößerung der Arbeitslosigkeit. Daher lehnten sich die Arbeiter in der Anfangszeit der industriellen Revolution gegen die Maschinen und ihre Einführung auf, bekämpften und zerstörten sie (Maschinenstürmerei). Diese frühen Formen des sozialen Kampfes der Arbeiterklasse beruhten darauf, daß die Maschinen als Ursache der sozialen Mißstände angesehen wurden und nicht deren kapitalistische Anwendung. Mit dem weiteren Erstarken der Arbeiterklasse und der Herausbildung des Marxismus als theoretischer Grundlage und praktischer Richtschnur ihres Kampfes kam es zu wirksameren Formen des Klassenkampfes und mit einer besseren Organisierung der Arbeiterklasse zu seiner Entfaltung auf seinen drei Ebenen (ökonomischer, politischer, ideologischer Klassenkampf).

In diesen sozialen Kämpfen ergriffen die Ingenieure — je nach ihrer sozialen Stellung, nach ihren Überzeugungen und ihren Auffassungen von den Ursachen und den Richtungen gesellschaftlicher Entwicklung — in unterschiedlichster Weise für diese oder jene Seite Partei. Sie verteidigten ihre Interessen, setzten sich in kapitalistischer Manier rücksichtslos durch, suchten mit Hilfe oftmals illusionärer Aktionen bzw. Mittel die soziale Ungerechtigkeit zu beseitigen oder zu mildern bzw. hielten sich aus den Kämpfen der Zeit heraus.

Mit dem Übergang der gewerblichen Produktion zum Maschinenbetrieb, verbunden mit der Erfindung und umfassenden Verwendung der Arbeitsmaschinen, der Nutzung der Dampfenergie und der Produktion von Maschinen durch Maschinen, reichte der aus der Erfahrung und Routine, aus der Empirie gewinnbare Schatz an Wissen und Können nicht mehr aus, den Reproduktionsprozeß weiterhin zu ermöglichen und zu erweitern. Es kam zur Herausbildung und Emanzipierung der technischen Wissenschaften. (Speziell auf dem Gebiet der Technologie und der Montanwissenschaften gab es schon vorher Ansätze zur Systematisierung und theoretischen Verallgemeinerung.) Zu dieser Zeit konnten *erstens* auf Grund der Anhäufung von Erfahrungen vieler Generationen, die ausreichend waren, um technisch ähnliche Arbeitsinstrumente zu schaffen und sporadisch anzuwenden, empirische Kenntnisse über Objekte, Prozesse und Methoden, die aus der Phase

der „Vorgeschichte" der technischen Wissenschaften stammten, systematisiert und verallgemeinert werden. Durch „Aufhebung" der Empirie im wissenschaftlichen Maschinenbau wurde Wissen darüber erlangt, wie man industrielle Produktion im großen Maßstab organisiert, wie Naturkräfte auszunutzen und zu kombinieren und wie Maschinen zu entwickeln und anzuwenden sind.

Dabei konnten und mußten sich die technischen Wissenschaften *zweitens* auf einen reichen Fundus naturwissenschaftlichen Wissens, speziell auf dem Gebiet der Mechanik stützen. Die Technikwissenschaften entwickelten sich als diejenigen wissenschaftlichen Disziplinen, die als Bindeglied zwischen Naturerkenntnis und Produktion entsprechend gesellschaftlichen Zielstellungen zielgerichtet die konkreten Wirkungsbedingungen und Kombinationsmöglichkeiten von Naturgesetzen in technischen Systemen untersuchten, die Funktionsweise und dafür erforderliche Strukturen von Maschinen und Anlagen mit wissenschaftlicher Vorgehensweise analysierten und die gewonnenen Ergebnisse theoretisch so verallgemeinerten und aufbereiteten, daß sie als Grundlage und Voraussetzung neuer technischer Lösungen und Prinzipe verwendet werden konnten.

Drittens erforderte die sich entwickelnde technische Basis der kapitalistischen Gesellschaft die bewußte Nutzung der Wissenschaften nicht nur allein um „jeden Produktionsprozeß, an und für sich und zunächst ohne alle Rücksicht auf die menschliche Hand, in seine konstituierenden Elemente aufzulösen" [6; S. 510] — was ja die Wissenschaft Technologie hervorbrachte —, auch nicht nur, um durch eine wissenschaftlich fundierte Konstruktion „die unbelebten Glieder der Maschinerie" zu zwingen, „zweckgemäß als Automat zu wirken" [8; S. 572], sondern es findet in umfassender Weise „die Verwandlung des Productionsprocesses aus dem einfachen Arbeitsprocess in einen wissenschaftlichen Process" [8; S. 577] statt, die Wissenschaft wird darin zu einem selbständigen Faktor des Produktionsprozesses, zu einer Produktivkraft, die dem Kapitalisten — zumindest anfänglich — überhaupt nichts kostet. [vgl. 6; S. 407]

Einher mit diesem Prozeß der Emanzipierung und Konsolidierung der technischen Wissenschaften ging ihre Institutionalisierung in Polytechniken und Technischen Hochschulen sowie die Herausbildung der Ingenieure als Berufsgruppe mit eigenständigen Organisationsformen und Vereinigungen (in Deutschland z. B. dem „Verein Deutscher Ingenieure" und zahlreichen anderen Ingenieurorganisationen) einschließlich technischer und polytechnischer Zeitschriften.

Die Herausbildung der Technikwissenschaften, ihre Institutionalisierung und die gesellschaftliche Anerkennung der Ingenieure als gleichwertige und gleichberechtigte Berufsgruppe neben Juristen und Medizinern war ein langwieriger Prozeß. In seinem Verlauf waren zahlreiche Vorurteile zu überwinden (man denke nur an die Diskussion von „Standesfragen" des Ingenieurberufs oder an die Schwierigkeiten bei der Einführung des Promotionsrechts auf ingenieurwissenschaftlichem Gebiet), bildungs- und wissenschaftspolitische Konsequenzen waren zu ziehen (z. B. hinsichtlich der technischen Ausbildung und der Gründung von höheren technischen Bildungseinrichtungen) und weltanschaulich-theoretische Reflexionen wurden angestellt (z. B. hinsichtlich des Typischen der technikwissenschaftlichen Tätigkeit und des Zusammenhangs von Kultur und Technik). Die Technikwissenschaftler und Ingenieure blieben zudem vom Entwicklungsstand der bürgerlichen Philosophie

nicht unberührt. Ideen der klassischen und romantischen Naturphilosophie, des Neukantianismus, des Positivismus u. a. Strömungen wurden von ihnen aufgenommen. Dabei war diese Aufnahme zumeist rezeptiv; Philosophie diente auch den Ingenieuren und Technikern als Weltanschauung und Bildungsgut. In einigen Fällen suchten Ingenieure und Technikwissenschaftler sogar einen eigenständigen Beitrag zur Entwicklung der Philosophie zu leisten. Ein Beispiel dafür ist *Jacob Ferdinand Redtenbacher* (1809 bis 1863).

Die Anfangszeit der „modernen" Technik war die Zeit der großen Praktiker, die sich auf meist langjährige Erfahrungen, auf handwerkliche Regeln und Vorgehensweisen stützten, und denen theoretische Abhandlungen und akademische Ausbildung überflüssig erschienen. Die Notwendigkeit aber, technische Systeme auf der Grundlage theoretischer Einsichten zu gestalten, im Bau sowie im Eisenbahnwesen wissenschaftlich begründet vorzugehen, führte zu verstärkten, wenn auch in den einzelnen Ländern unterschiedlichen Bestrebungen, die Wissenschaft in die Technik hineinzutragen. Diese Notwendigkeit führte zu — wenn auch unterschiedlichen — neuen Formen staatlicher Wissenschaftsorganisation. Die École Polytechnique in Paris (1794 als École Centrale des Travaux Publies gegründet, 1795 umbenannt) und die Polytechnischen Schulen in Deutschland (so wurden z. B. 1825 in Karlsruhe und 1828 in Dresden derartige Schulen gegründet), die nach 1890 statutenmäßig „Technische Hochschulen" genannt wurden, sind derartige Beispiele.

Zu Beginn der 70er Jahre des 19. Jh. war der Kapitalismus in der Welt zum herrschenden Gesellschaftssystem geworden. Die Produktivkräfte hatten qualitativ und quantitativ ein bis dahin unbekanntes und ungeahntes Niveau erreicht. Besonders revolutionierend wirkten Elektrotechnik und Elektroenergie. Die Elektrotechnik entwickelte sich von Anfang an in steter Wechselwirkung mit der Physik und damit sofort auf einer wissenschaftlichen Grundlage. Sie steht so mit am Anfang einer neuen Revolution auf dem Gebiet der Produktivkräfte, der wissenschaftlich-technischen Revolution.

Literatur

[1] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.

[2] Allgemeine Geschichte der Technik von den Anfängen bis 1870. Hrsg. von einem Autorenkollektiv, Leipzig 1981.

[3] Studien zur Geschichte der Produktivkräfte. Deutschland zur Zeit der industriellen Revolution. Hrsg. von K. Lärmer, Berlin 1979 (Forschungen zur Wirtschaftsgeschichte, Bd. 15).

[4] *Engels, F.:* Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft („Anti-Dühring"). In: MEW, Bd. 20, Berlin 1962.

[5] *Marx, K.:* Maschinerie. Anwendung von Naturkräften und Wissenschaft (aus einem Manuskript der Jahre 1861—1863 „Zur Kritik der Politischen Ökonomie"). In: Voprosy istorii estestvoznanija i techniki, Moskau 1968.

[6] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 1. In: MEW, Bd. 23, Berlin 1971.

[7] *Engels, F.:* Dialektik der Natur. In: MEW, Bd. 20, Berlin 1962.

[8] *Marx, K.:* Ökonomische Manuskripte 1857/1858. In: K. Marx/F. Engels, Gesamtausgabe (MEGA), Abt. II, Bd. 1 T. 2, Berlin 1981.

Richard Arkwright

Richard Arkwright (1732 bis 1792)

Richard Arkwright ist — ob zu Recht oder Unrecht sei dahingestellt — als einer der Erfinder des mechanisch-maschinellen Baumwollspinnens in die Geschichte der Technik eingegangen. Weit weniger umstritten ist sein maßgeblicher Anteil an der Einführung des Fabriksystems in die britische Textilindustrie im Verlaufe der industriellen Revolution. Beides hat überdies die industriell-ökonomische Vormachtstellung Großbritanniens in der Welt während des 19. Jh. begründet. [vgl. 4; S. 372]

Der Lebensweg *Richard Arkwrights* ist nicht nur ein sehr gutes Beispiel für die Genesis der jungen englischen Industriebourgeoisie zur Zeit der industriellen Revolution. Seine Charaktereigenschaften: ungestümer Drang nach Reichtum, gewissen- und skrupellos bis zu kriminellen Ausmaßen, sicheres Gespür für jede Chance, Profit zu machen, auch auf Kosten anderer, und diese Chance beharrlich und geschickt zu verfolgen, lassen ihn geradezu zum Prototypen dieser ersten Generation kapitalistischer Industrieunternehmer werden.

Arkwright wurde am 23. 12. 1732 zu Preston in der englischen Grafschaft Lancashire als jüngstes von insgesamt 13 Kindern geboren. Seine Eltern lebten in sehr ärmlichen Verhältnissen. Über seine frühe Erziehung ist wenig bekannt außer der Tatsache, daß er kaum schreiben lernte und daß ihm sein Onkel das Lesen beigebracht haben soll. Dieser Umstand wirkte sich auch späterhin sehr hinderlich für seine Geschäfte aus. Noch im Alter von über 50 Jahren soll *Arkwright* täglich 1 bis 2 Stunden aufgewendet haben, um sich im Schreiben und in der Orthographie zu üben.

Die Eltern gaben den jungen *Arkwright* nach Kirkham und Preston in die Barbierlehre. 1760 machte er sich als Barbier in Bolton selbständig. Hier kam er in den Besitz eines chemischen Mittels, um Haar zu färben. Dies erwies sich bei der damals herrschenden Perückenmode bald als äußerst gewinnbringend, und in der Folge beschäftigte sich *Arkwright* nur noch mit dem Handel und Färben von Haar.

1761 „verheiratete er sich mit einer Weibsperson von Leigh" [6; S. 126], von der

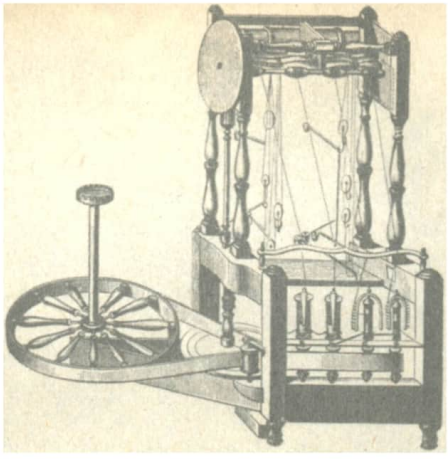
er sich später wieder trennte, da sie seinen mechanischen Experimenten im Wege stand. Mehrere Male soll sie mutwillig Modelle seiner Maschinen zerstört haben.
In Bolton, im gleichnamigen Baumwolldistrikt gelegen, ist *Arkwright* wohl näher mit den Versuchen, Baumwolle mechanisch zu spinnen, bekannt geworden. Er wußte um den erbitterten Kampf der Wollweber gegen die „neue Faser", die Baumwolle. Er kannte die Sorgen und Ängste der Baumwollspinner, die von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang hart arbeiteten und dennoch arm blieben. Er hörte all das täglich in seinem Barbierladen.
1767 wird *Arkwright* mit dem Uhrmacher *John Kay* (1704 bis 1764) aus Warrington bekannt. Dieser bearbeitete Drähte und Messingstücke für ihn. Ob diese bereits für Spinnmaschinen oder deren Modell gedacht waren, ist nicht bekannt. Im gleichen Jahr gab *Arkwright* seine Tätigkeit als Barbier auf, um sich fortab ausschließlich mechanischen Experimenten zuzuwenden. In der Öffentlichkeit ging das Gerücht um, er arbeite an einem Perpetuum mobile. Ebenfalls 1767 wird *Kay* bei *Arkwright* angestellt, und beide widmen sich dem Entwurf einer Spinnmaschine.
Um die Motive für *Arkwrights* „Berufswechsel" — der übrigens für jene Zeit nichts Außergewöhnliches war — zu verstehen, muß man sich die damalige Situation in der englischen Baumwollproduktion vergegenwärtigen. 1733 hatte *John Kay* den Schnellschützen für die Weberei erfunden, der in den sechziger Jahren Eingang in die Baumwollweberei fand. Damit wurde ihre Leistungsfähigkeit gegenüber der Baumwollhandspinnerei etwa um das Siebenfache gesteigert. Die Nachfrage nach Baumwollgarn war riesengroß, und eine Methode, sie zu befriedigen, versprach ihrem Erfinder Reichtum und Ruhm. Eine begrenzte Möglichkeit dazu eröffnete die Erfindung des Webers *James Hargreaves* (1740 bis 1778) aus Standhill bei Blackburn. Seine Spinnmaschine — nach seiner Tochter „Spinning Jenny" benannt — bildete einen der ersten Schritte, die Handspinnerei durch die Maschine zu ersetzen. Die „Spinning Jenny" wurde zwar noch von Hand bewegt, arbeitete jedoch gleichzeitig mit mehreren Spindeln. Natürlich stieß diese Erfindung auf den erbitterten Widerstand der englischen Handspinner, die mit Recht fürchteten, ihre bisherige Tätigkeit zu verlieren, und die „Jennys" zerstörten, wo immer sie ihrer habhaft werden konnten. Allerdings konnte das auf der „Jenny" hergestellte Garn nur für die Schußfäden (Querfäden des Gewebes) genutzt werden, weil ihm für die Kette (Längsfäden des Gewebes) die erforderliche Festigkeit fehlte. Außer *Hargreaves* hatten noch andere versucht, den Prozeß des Baumwollspinnens mechanisch zu betreiben.
Das Terrain war also wirtschaftlich wie technisch weitgehend vorbereitet, als *Arkwright* sich anschickte, sein Glück mit der Konstruktion von Spinnmaschinen zu versuchen. Begünstigend mag hier sein ausgesprochener Hang zur Mechanik gewirkt haben, um dessentwillen er bisweilen seinen Barbierladen vernachlässigt haben soll. Obwohl die Arbeiten vorangingen, konnten *Arkwright* und *Kay* ihre Maschine erst fertigstellen, nachdem ihnen 1768 *P. Atherthon* einen Schmied, einen Uhrwerkzeugmacher und wohl auch Geld zur Verfügung gestellt hatte. Als die Maschine fertig war, fehlte abermals Geld, um sie praktisch zu nutzen. *Arkwright* wandte sich an einen seiner Freunde in Preston, den Maler und Branntweinkrämer *John Smalley*, um Unterstützung. Offenbar ist *Arkwrights* Maschine damals in der „free grammar school" in Preston aufgestellt worden. (vgl. 4; S. 372]

Arkwright, *Kay* und *Smalley* sahen sich nun in Nottingham nach weiterem Geld um. *Arkwright* fand in *Jedediah Strutt* (1726 bis 1777) und *Samuel Need*, den Gründern der berühmten Spinnerei in Derby, finanzkräftige Partner. Namentlich *Strutt* als Erfinder eines verbesserten Strumpfwirkerstuhls gab ein günstiges Urteil über *Arkwrights* Spinnmaschine ab. Damit waren seine Geldsorgen endgültig behoben, und es gelang ihm, seine Maschine völlig funktionsfähig zu machen. 1769 wurde *Arkwright* ein Patent auf einen „Apparat, der mit Rollen versehen, aus Rohbaumwolle feine Fäden spinnt" [8; S. 125] erteilt, das 1774 um weitere 10 Jahre verlängert wurde. [vgl. 6; S. 128]

Arkwrights Spinnmaschine „ist eine Verbindung von *Pauls* Walzenpaaren zum Strecken der Krempelbänder oder Lunten und der weit früher in Deutschland benutzten ... Flügelspindel des *Jürgens*chen Flachspinnrades, also im wesentlichen eine ganz gewöhnliche Nachahmung der *Paul*schen Spinnmaschine, wenn es erwiesen wäre, daß *Arkwright* diese gekannt hätte. Das Strecken erfolgte durch drei Walzenpaare mit zunehmender Geschwindigkeit, welche der Faden oberhalb der Flügelspindel zu passieren hatte, die Regelmäßigkeit des Aufwindens wurde statt durch Umlegen des Fadens auf die Häkchen der Flügel durch Heben und Senken der ganzen Spulenbank hervorgebracht. Bei dieser Maschine konnte ... das Ausziehen, Drehen und Aufwickeln der Fäden ununterbrochen und gleichzeitig erfolgen, und da ihr *Arkwright* gleich anfänglich die Einrichtungen zum Betrieb mit Wasserkraft gab, so nannte er sie deshalb als erste derartige Ausführung Waterspinnmaschine, und das damit gesponnene Garn hieß Watergarn (watertwist)". [3; S. 283] In Nottingham errichtete *Arkwright* eine kleine Spinnerei, deren Maschinen durch Pferde über Göpelwerke angetrieben wurden. Die finanzielle Unterstützung von *Need* und *Strutt* ermöglichte es ihm, 1771 ein zweites, wesentlich größeres Unternehmen in Cromford (Derbyshire) zu gründen. Die weiter verbesserten Spinnmaschinen wurden nunmehr durch ein großes Wasserrad bewegt.

1775 nahm *Arkwright* ein weiteres Patent auf, das sich auf die Mechanisierung der vorbereitenden Operationen des eigentlichen Spinnprozesses bezog. Es handelte sich hier um die sog. Kardiermaschine, mit deren Hilfe die Baumwollfasern parallel gelegt und zu einem endlosen Vließ geordnet werden. Auch diese Ideen *Arkwrights* hatten ihre Vorläufer bei *Lewis Paul* (gest. 1859), *Hargreaves* und bei *Robert Peel* (1750 bis 1830), der die Zylinderkarde entwickelte.

Die mechanische Spinnerei *Arkwrights* unterschied sich von den Handspinnereien nicht nur dadurch, daß lediglich Baumwolle maschinell gesponnen wurde. Zwischen der Baumwolle in ihrem Rohzustand und dem fertigen Garn sind viele Zwischenoperationen notwendig, die, sofern der eigentliche Spinnprozeß mechanisch erfolgt, gleichfalls maschinell ausgeführt werden müssen. All dies wurde von *Arkwright* entsprechend eingerichtet und eingeführt. Indem er gleichzeitig mit der Maschinerie die ihr adäquate Arbeitsteilung durchsetzte, begründete er in der Baumwollspinnerei das Fabrik- oder auch das sog. Faktoreisystem. Dessen technische Prinzipien beruhen auf der Auflösung des gesamten Spinnprozesses in einzelne technologische Elemente, so daß die einzelnen Operationen mechanisch verrichtet werden sowie die einzelnen Produzenten oder Produzentengruppen diesen Operationen bzw. Maschinen zu- bzw. untergeordnet werden konnten. Schließlich stellte *Arkwright* zwei große Dampfmaschinen *James Watts* (1736 bis 1819) in seinen Fabriken auf.



Arkwrights Spinnmaschine

Arkwrights Streben nach Reichtum beschränkte sich keineswegs nur auf die Maschinen, sondern schloß gleichermaßen die mit ihnen operierenden Produzenten ein. Dazu entwarf und praktizierte er eine Fabrikordnung, die ein für allemal mit der in der Manufaktur noch vorhandenen Schwierigkeit des Kapitals, „sich der ganzen disponiblen Arbeitszeit der Manufakturarbeiter zu bemächtigen" [1; S. 390], brach. An diesem Beispiel, „einen den Bedürfnissen und der Geschwindigkeit des automatischen Systems entsprechenden Disziplinarkodex zu erfinden und mit Erfolg auszuführen" [A. Ure, zit. nach 1; S. 447], orientierte sich alsbald die britische Industriebourgeosie. Diese Gesamtsituation überschauend, schreibt *Friedrich Engels* (1820 bis 1895) 1844: „Und wenn schon hierin (gemeint ist die Spinning Jenny — S. R.) der Anfang des Fabriksystems lag, so erhielt dies durch die *Spinning-Throstle*, die *Richard Arkwright* ... 1767 erfand, eine neue Ausdehnung. Diese Maschine, im Deutschen gewöhnlich Kettenstuhl genannt, ist neben der Dampfmaschine die wichtigste mechanische Erfindung des achtzehnten Jahrhunderts. Sie ist von vornherein auf eine *mechanische Triebkraft* berechnet und auf ganz neuen Prinzipien basiert.

Durch die Vereinigung der Eigentümlichkeiten der Jenny und des Kettenstuhls brachte *Samuel Crompton* aus *Firwood* (Lancashire) 1785 die *Mule* zustande, und da *Arkwright* um dieselbe Zeit die *Kardier-* und *Vorspinnmaschinen* erfand, so war hierdurch für das Spinnen der Baumwolle das Fabriksystem zum allein herrschenden geworden." [2; S. 241f.]

In dem Maße, wie sich *Arkwrights* Maschine verbreitete und die Handspinner brotlos wurden, nahmen seine Einkünfte — aus seinen Fabriken wie aus seinen Patenten — zu. Zwischen 1782 und 1785 hatte er allein für 60000 Pfund Sterling Maschinen verkauft. Er wohnte in Manchester in einem Haus, das 80000 Mark — für damalige Zeit ein märchenhafter Preis — gekostet hatte. [vgl. 8; S. 126, 128] In gleichem Maße vermehrten sich aber auch die Angriffe auf seine Patentrechte. Es wurden öffentlich Zweifel an der Originalität der von ihm gemachten Erfindungen erhoben, und in Lancashire verbreitete sich die Meinung, *Arkwright* sei nicht der wirkliche Erfinder der Spinnmaschine gewesen.

Es ist eine historische Wahrheit, daß das Prinzip der Riffelwalzen bereits vor *Arkwright*, nämlich von *John Wyatt* (1700 bis 1766) angewendet worden ist. *Wyatts* Maschine kam 1738 zustande, und es existiert ein Patent vom 24. Juni des gleichen Jahres, das sich jedoch *L. Paul* erteilen ließ. In der Patentschrift ist das Prinzip des Walzenspinnens eingehend beschrieben. Als Zeugen unterzeichneten *Paul*, ferner *Samuel Gay* und *J. Wyatt*. Weiterhin hat *Wyatt* in einem Brief aus dem Schuldgefängnis kundgetan, daß nicht *Paul*, sondern er, *Wyatt*, den Hauptanteil an der Erfindung jener Spinnmaschine gehabt habe. *Wyatts* Sohn Karl hat schließlich 1817 aus dem handschriftlichen Nachlaß seines Vaters zur Aufklärung dieses Umstandes beitragen können, daß sein Vater sich aus Geldmangel mit *Paul* zusammengetan habe. [vgl. 6; S. 117ff.]

Eine andere Version lieferte die Aussage des *Thomas Highs* am 25. Juni 1785 vor dem Court of King's Bench, als die Berechtigung von *Arkwrights* Patenten erneut untersucht wurde. *Highs* erklärte, daß er bereits 1767, also zwei Jahre vor *Arkwrights* Patent, Walzen zum Spinnen der Baumwolle hergestellt habe, seine Maschine habe zwei Paar solcher Walzen gehabt, und er habe diese Sache nur aufgegeben, weil ihm die nötigen Geldmittel gefehlt hätten. Er habe seine Erfindung dem Uhrmacher *Kay* mitgeteilt, weil dieser ihm zur Herstellung eines Modells kleine Messingräder habe herstellen müssen. *Kay* wußte dem Gericht mitzuteilen, daß er zu der genannten Zeit „nicht nur Räder und kleine Walzen für *Highs* gemacht, sondern bald darauf dem *Arkwright*, der damals ein armer Mensch gewesen, seine Idee mitgeteilt und auch ihm zwei Modelle angefertigt" habe. Von *Arkwright* sei er daraufhin aufgefordert worden, mit ihm nach Preston und dann nach Nottingham zu kommen. Auch habe er vier oder fünf Jahre in *Arkwrights* Diensten gestanden, habe ihn dann aber verlassen, weil dieser ihn in ungerechter Weise verbrecherischer Handlungen beschuldigt habe. [vgl. 6; S. 123ff.]

Ein weiterer Gegenstand der gerichtlichen Klage gegen *Arkwright* war der Umstand, daß die Erläuterungen zur Patentschrift — im Gegensatz zu den gesetzlichen Bestimmungen — äußerst dunkel und unklar gehalten waren, so daß niemand die Erfindung nach Ablauf der Patentfrist ebenfalls ausführen könne. So sollen wesentliche Bestandteile ausgelassen, nicht dazugehörige hinzugefügt, die Zeichnung unverständlich und ohne Maßstab usw. gewesen sein. Vor Gericht bezeugte dann auch der, der diese Beschreibung im Auftrag *Arkwrights* angefertigt hatte, er sei von diesem angewiesen worden, die Beschreibung so unklar wie nur möglich zu machen.

Unter diesen Umständen entschied das Gericht, *Arkwrights* Patente aufzuheben. *Arkwright* appellierte 1782 erfolglos gegen diesen Spruch. 1785 wiederholte er die Berufung gegen die Annullierung seines Patents ein zweites und drittes Mal. Seine Klage wurde jedoch erneut abgewiesen. [vgl. 6; S. 147f.]

Die Kenntnis aller dieser Dinge veranlaßte *Marx* zu seinem Urteil über *Arkwright:* „Wer Arkwrights Lebensgeschichte kennt, wird das Wort ‚edel' diesem genialen Barbier nie an den Kopf werfen. Von allen großen Erfindern des 18. Jahrhunderts war er unstreitig der größte Dieb fremder Erfindungen und der gemeinste Kerl", [1; S. 447]

Mit der Annulierung von *Arkwrights* Patenten begann der große Aufschwung der britischen Baumwollindustrie. Trotzdem kam *Arkwright* weiterhin zu Reichtum und

zu öffentlichen Ehren. 1786 erhielt er aus der Hand des englischen Königs *Georg III.* (1760 bis 1820) den Adelsbrief.
Als Sir *Richard Arkwright* am 3. August 1792 in Cromford starb, hinterließ er seinen Erben ein Vermögen von 525000 £ (etwa 10,5 Mio Mark).

Lebensdaten zu Richard Arkwright

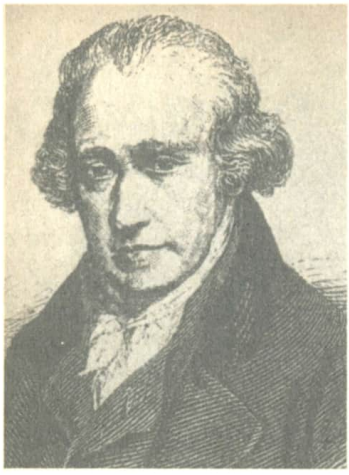
1732	Am 23. Dezember in Preston (Lancashire) geboren
1760	Eröffnung eines Barbierladens in Bolton
1767	Bekanntschaft mit *Kay*, wahrscheinlicher Beginn der Beschäftigung mit der Spinnmaschine
1769	Erstes Patent auf eine Spinnmaschine; Errichtung seiner ersten Spinnfabrik in Nottingham
1775	Zweites Patent auf den Gesamtprozeß der mechanischen Baumwollgarnherstellung
1781 und 1785	1. und 2. Patentprozeß vor dem „Court of King's Bench"
1786	*Arkwright* wird Obersheriff von Derbyshire und geadelt
1792	3. August, *Arkwright* stirbt in Cromford

Literaturverzeichnis zu Richard Arkwright

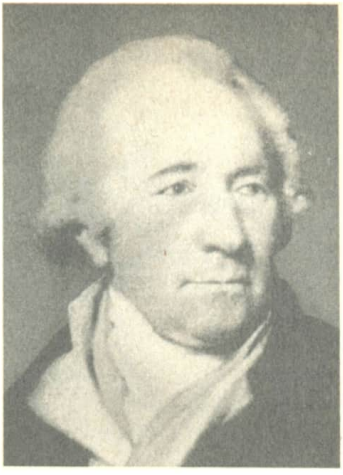
[1] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 1. In: MEW, Bd. 23, Berlin 1962.
[2] *Engels, F.:* Die Lage der arbeitenden Klasse in England. In: MEW, Bd. 2, Berlin 1959.
[3] Das Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien. Bd. VIII, 9. Aufl. Leipzig o. J.
[4] Encyclopaedia Britannica. Vol. 2. Chicago, London, Toronto 1955.
[5] The Encyclopaedia Americana, Vol. 2. New York, Chicago, Washington D. C. 1957.
[6] Praktisches Handbuch des Baumwollen-Manufakturwesens (nach der „Cotton Manufacture of Great Britain" von A. Ure) Dtsch. bearb. von C. Hartmann, Weimar 1837.
[7] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.
[8] *Zischka, A.:* 5000 Jahre Kleidersorgen. Leipzig 1944.

James Watt (1736 bis 1819)

Friedrich Engels (1820 bis 1895) faßte die rund hundertjährige Entwicklungsgeschichte einer Kraftmaschine, die auf die Produktionstechnik revolutionierend wirken sollte, so zusammen: „Die Dampfmaschine war die erste wirklich internationale Erfindung, ... Der Franzose Papin erfand sie, und zwar in Deutschland. Der Deutsche Leibniz ... gab ihm die Hauptidee dabei an: die Anwendung von Zylinder und Kolben. Die Engländer Savery und Newcomen erfanden bald darauf ähnliche Maschinen; ihr Landsmann Watt endlich brachte sie, durch Einführung des getrennten Kondensators, im Prinzip auf den heutigen Standpunkt. Der Kreislauf der Erfindungen war auf diesem Gebiet vollendet ... Was nachher kam, waren Einzelverbesserungen". [3; S. 392f.]



James Watt



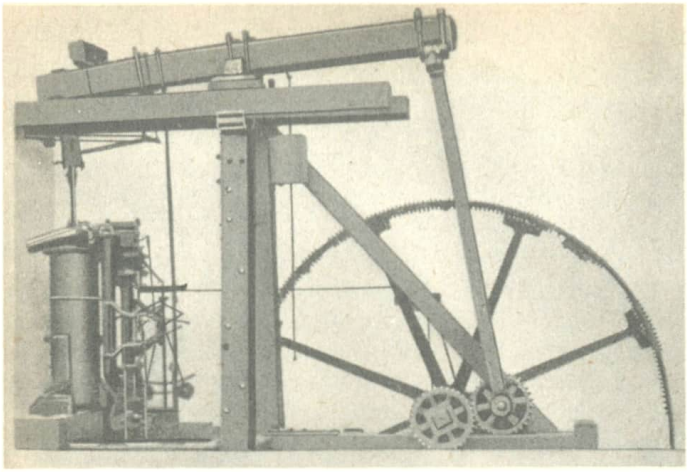
Matthew Boulton

Die wesentlichsten Anstöße zur Entwicklung der Dampfmaschine kamen aus dem Bergbau. Es wurden leistungsfähigere Pumpen benötigt, um die immer tiefer werdenden Schächte vom einbrechenden Wasser zu befreien. Dieser Anlaß bewog *Denis Papin* (1647 bis 1712) um 1690, sich in Marburg wieder mit der Pulvermaschine seines Lehrers *Christiaan Huygens* (1629 bis 1695) zu befassen. Seine Versuche führten ihn zur Entwicklung der atmosphärischen Kolbenmaschine. Die genannten dringenden praktischen Erfordernisse veranlaßten den englischen Techniker *Thomas Savery* (etwa 1650 bis 1715) 1698 zur Konstruktion seiner im Endeffekt nicht die erforderliche Leistung erbringenden Dampfpumpe (heute als Pulsometer bezeichnet). Aus gleichen Gründen konstruierte *Thomas Newcomen* (1663 bis 1729) um 1710 seine atmosphärische Kolbendampfmaschine mit Einspritzkondensation, die trotz geringen Wirkungsgrades jahrelang mehr oder weniger erfolgreich im Einsatz war und vor allem durch *John Smeaton* (1724 bis 1792) zahlreiche Verbesserungen erfuhr. Der russische Bergbautechniker *Iwan Iwanowitsch Polsunow* (etwa 1728 bis 1766) wollte mit seiner Kolbendampfmaschine sibirische Bergwerke entwässern.

Die entscheidende Verbesserung, die die Dampfmaschine zu einer effektiv einsetzbaren Kraftmaschine machen sollte, wurde vorgenommen, als der Universitätsmechaniker *James Watt* das in der Sammlung der Universität Glasgow befindliche Modell einer *Newcomen*-Maschine im Winter 1763/64 reparieren sollte.

James Watt wurde am 19. Januar 1736 in der Familie eines kleinen schottischen Schiffslieferanten und Bauunternehmers in Greenock am Clyde bei Glasgow geboren. Seit frühester Kindheit kränklich, besuchte er die Schule unregelmäßig, nahm aber jede geistige Anregung begierig auf. Bis ins hohe Alter wurde seine Fähigkeit im Geschichtenerfinden gerühmt. Der junge *Watt* interessierte sich besonders für die Werkstatt des Vaters, in der wohl auch Navigationsinstrumente u. dgl. repariert wurden. Dies ließ seinen Wunsch aufkommen, Feinmechaniker zu werden. Er begann seine Lehre in Glasgow, merkte aber bald, daß er dort nicht viel lernen könne und ging auf Anraten eines Familienfreundes 1755 nach London. Wegen der nach Zunftgesetzen geforderten Lehrzeit von sieben Jahren schien sich zunächst keine

Lehrstelle zu finden, denn so lange konnte und wollte *Watt* nicht in London bleiben. Schließlich fand sich für ein hohes Lehrgeld doch ein Meister bereit, und *Watt* bemühte sich, in dem ihm zur Verfügung stehenden Jahr möglichst viel zu lernen.
Mit Unterstützung seines Vaters wollte sich *Watt* 1757 in der kleinen Universitätsstadt Glasgow als Feinmechaniker niederlassen; aber auch hier sprachen Zunftgesetze dagegen. Schließlich erhielt er eine berufliche Anstellung an der Universität, die den Zunftgesetzen nicht unterlag. Von den wenigen anzufertigenden mathematischen Geräten konnte *Watt* seinen Lebensunterhalt jedoch nicht bestreiten. Daher befaßte er sich mit vielen anderen Arbeiten, u. a. auch mit Orgelbau (er studierte die Orgelbautechnik sehr genau, und obwohl er unmusikalisch war, sollen seine Orgeln einen guten Klang gehabt haben). In seiner Freizeit las *Watt* viel und suchte im freundschaftlichen Verkehr mit den Professoren und Studenten seine Bildung zu erweitern. Von allen wurde er als äußerst geschickt, wissenschaftlich denkend und als scharfsinniger Beobachter geschätzt. Zu seinen Gönnern und Freunden gehörten der Nationalökonom *Adam Smith* (1723 bis 1790) sowie der Anatom und Chemiker *Joseph Black* (1728 bis 1799), der 1761 seine Hypothese von der latenten Wärme publizierte.
Watt hatte sich auch einige Male mit Dampfkraft beschäftigt, u. a. hatte einer seiner Freunde versucht, einen Dampfwagen zu konstruieren. Entscheidend war jedoch, daß er die Aufgabe erhielt, das Modell der *Newcomen*-Maschine zu reparieren, das sich in der naturkundlichen Sammlung der Universität befand. Dazu mußte er sich mit der Funktionsweise der Feuermaschine eingehend vertraut machen, ließ sich von *Black* die mechanischen und vor allem wärmetheoretischen Zusammenhänge erklären. Dabei fand er, daß *Newcomens* Maschine viel zu viel Dampf verbrauche und deshalb nicht längere Zeit kontinuierlich arbeiten konnte. „Wie könnte man dies vermeiden?" war die entscheidende Frage, die ihn nicht mehr losließ.
Das theoretische Problem erkannte er bald: der Zylinder muß beim Dampfeintritt möglichst heiß sein, um die dampfverbrauchende Eintrittskondensation zu vermeiden, beim Arbeitshub (Kondensationsvakuum) dagegen möglichst kalt. Zur konstruktiven Lösung dieses Problems führte er viele Experimente durch. Die Lösung fiel ihm nach seinen eigenen Worten auf einem Spaziergang im Mai 1765 ein — die Trennung von Kondensator und Zylinder: „... wenn der Dampf ein elastischer Körper ist, würde er in das Vacuum stürzen, und wenn man den Zylinder mit einem luftleeren Rohr verbindet, würde er hineinströmen und dort kondensieren, ohne den Zylinder abzukühlen". [2; S. 23]
Ein bald durchgeführter Modellversuch bestätigte ihm seine Überlegungen. Weitere Experimente führten *Watt* von dieser Maschine, die ja noch immer eine atmosphärische Kolbenmaschine war, weiter zur Niederdruckdampfmaschine, indem er den bisher oben offenen Arbeitszylinder schloß und mit dem Dampfkessel verband (ohne dabei den Dampfdruck wesentlich über den Luftdruck zu steigern). Nun aber mußte auch *Watt* erkennen, wie weit der Weg von einem Experiment bis zur Realisierung einer großen funktionsfähigen Maschine war. Erstens besaß der Feinmechaniker für eine solche Realisierung keine Erfahrungen, zweitens konnte der damalige Maschinenbau verschiedene Bauteile noch nicht in der notwendigen Güte herstellen; dieser Umstand hatte letztlich wesentlich zum Scheitern von *Papin* und anderen Vorgängern Watts beigetragen. *Watt* hatte 1764 geheiratet und mußte nun



Doppeltwirkende Kolbendampfmaschine mit Drehbewegung und Schwungrad

für den Lebensunterhalt einer Familie sorgen. Er konnte deshalb der Dampfmaschine nicht seine volle Kraft widmen, sondern nahm zusätzlich die verschiedensten Arbeiten an, z. B. auch als Vermessungsingenieur.

Durch *Black* wurde *Watt* mit dem Unternehmer *John Roebuk* (1718 bis 1794) aus Birmingham bekannt, der ihm Geld für weitere Versuche und den Bau einer Versuchsmaschine zur Verfügung stellte. Nachdem damit befriedigende Ergebnisse erreicht werden konnten, beschlossen beide, ein Patent darauf anzumelden. Es war dies das 1768 beantragte und am 5. Januar 1769 erteilte berühmte englische Patent Nr. 913 über eine „... neu erfundene Methode der Verminderung des Verbrauches von Dampf und Brennstoff in Feuermaschinen". [Zitat des Patents in: 4; S. 68 f.]

Die zufriedenstellende Ausführung einer entsprechenden Maschine gelang jedoch noch nicht. Hauptproblem waren die damals noch mangelhafte Gußtechnik und das Einpassen des Kolbens in den Zylinder (also technologische Probleme des Maschinenbaus). *Roebuk* konnte schließlich den finanziellen Aufwand nicht mehr tragen. Zudem starb *Watts* Frau 1773.

In dieser Situation traf *Watt* mit dem Industriellen *Matthew Boulton* (1728 bis 1809) zusammen, der bereits damals weit über Englands Grenzen hinaus bekannt war. *Boulton* erkannte die Vorteile der Maschine *Watts*, übernahm dessen und *Roebuks* Schulden, erhielt dafür einen Zweidrittel-Anteil am Patent und ermunterte *Watt* zur Fortführung seiner Arbeiten. Zugleich erkannte er, daß er aus einem Erfolg der Maschine nur Nutzen ziehen könnte, wenn der Patentschutz möglichst lange währen würde. 1775 erreichte er im Parlament die Verlängerung des Patentschutzes bis 1800.

Seit 1774 wohnte *Watt* in Birmingham. Die erste Dampfmaschine *Watt*scher Konstruktion wurde nun in der Bloomfield-Kohlengrube bei Birmingham installiert, wo sie zufriedenstellend arbeitete. Als nächste war eine Gebläsemaschine für den Eisenhüttenbesitzer *John Wilkinson* (1728 bis 1808) vorgesehen. Hier ergab sich der glückliche Umstand, daß *Wilkinson* gerade eine sehr genaue Bohrmaschine entwickelt hatte, mit der nun auch die für die Dampfmaschine benötigten exakten Zylinder hergestellt werden konnten. Maschinenfabriken im heutigen Sinne gab es

damals nicht. Die Fabrik von *Boulton & Watt* in Soho bei Birmingham lieferte verschiedene Einzelteile, weitere wurden von anderen Fabriken bezogen (so die Zylinder künftig von *Wilkinson*), und die Maschine wurde an Ort und Stelle aufgebaut.

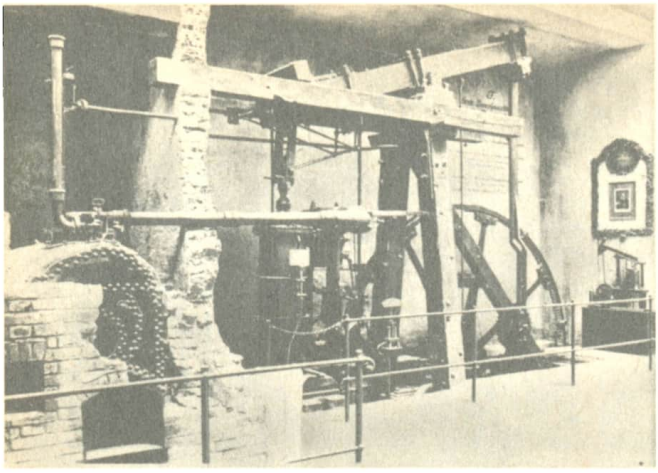
Nachdem nun die Maschinenbautechnik die für die *Watt*sche Maschine benötigten Teile in der notwendigen höheren Qualität gegenüber früheren Dampfmaschinenentwicklungen herzustellen vermochte, stellte sich der Erfolg ein. Dazu kam der günstige Zeitpunkt im Anwendungsbereich des Bergbaus; viele Gruben, besonders in Cornwall, konnten sich des Wassers kaum mehr erwehren. *Watt* schrieb im Dezember 1778 in einem Brief an Boulton: „... wir sind glücklicherweise dort gerade dann ins Geschäft gekommen, als sie am Ende ihrer Weisheit waren und nicht wußten, wie sie tiefer mit ihren Gruben gehen konnten." [6; S. 389] Der geschäftstüchtige *Boulton* verlangte für die Errichtung einer *Watt*schen Dampfmaschine keine direkte Bezahlung, sondern die Erstattung eines Drittels des Wertes des eingesparten Brennstoffs für die Dauer der Patentgeltung. Bald brauchte die *Watt*sche Maschine nur noch etwa ein Viertel der Kohle ihrer früheren Konkurrenzmaschinen; der Gewinn für *Boulton* und auch *Watt* war beträchtlich. Anfang der achtziger Jahre wollte sich *Watt* eigentlich aus dem Geschäft mit *Boulton* zurückziehen, da er meinte, genug zu verdienen. *Boulton* hatte jedoch erkannt, daß der Dampfmaschine neue Anwendungsgebiete zu erschließen waren, sie nicht nur auf die Pumpfunktion zu beschränken sei. *Watt* scheute zunächst davor zurück, die Strapazen der praktischen Realisierung einer solchen Entwicklung erneut auf sich zu nehmen.

Schließlich beugte er sich dem Druck seines Geschäftspartners und Freundes und begann nach Möglichkeiten zu suchen, die Kolben- in eine Drehbewegung umzusetzen. Am einfachsten wäre die Benutzung der Kurbelbewegung gewesen, aber dieser Weg war durch ein Patent blockiert. 1781 ließ sich *Watt* fünf entsprechende Vorrichtungen patentieren. Wichtig für die Drehbewegung war auch eine kontinuierliche Bewegung, und so folgten 1782 die Patente für die doppeltwirkende Dampfmaschine und die Expansionsmaschine. Über die Experimente zur latenten Wärme, die *Watt* in diesem Zusammenhang durchführte, tauschte er sich wieder mit *Black* aus. [vgl. 12] Es folgten weitere konstruktive Verbesserungen.

1784 ließ sich *Watt* die Parallelogrammführung patentieren; eine der ersten automatischen Regeleinrichtungen der Technik war sein Fliehkraftregulator.

Um 1785 schloß *Watt* seine Erfindertätigkeit für die Dampfmaschine ab und widmete sich hauptsächlich der Leitung des Konstruktionsbüros und der technischen Kontrolle. Für die neuen Maschinen verlangte „Boulton & Watt" eine Bezahlung von 5 Pfund Sterling pro Pferdestärke und Jahr. Die Pferdestärke als Leistungseinheit war von *Watt* zu diesem Zwecke eingeführt worden (abgeleitet aus der Tatsache, daß die Maschine ja meist Pferde ersetzte — heute wird die entsprechende SI-Einheit mit „Watt" bezeichnet). Als das Patent ablief, begann die Firma komplette Maschinen zu einem Pauschalpreis zu liefern.

Im Jahre 1794 wurde die Firma in „Boulton, Watt & Sons" umbenannt, und die Väter zogen sich langsam aus dem Geschäft zurück. *James Watt* hatte nun einen Lebensabend frei von materiellen Sorgen vor sich; er konnte seinen wissenschaftlichen Neigungen nachgehen.



Ein Modell der doppeltwirkenden Dampfmaschine

Auf andere wissenschaftliche (z. B. Forschungen über die Wasserzusammensetzung), wissenschaftlich-technische (z. B. Möglichkeiten zum Briefkopieren mittels einer Spezialtinte) oder technische (z. B. Konstruktion einer Dampfheizung) Arbeiten *Watts* kann hier nicht eingegangen werden. *Watt* und *Boulton* gehörten zu den Mitbegründern der berühmten Lunar Society of Birmingham; 1784 wurde *Watt* zum Mitglied der Royal Society von Edinburgh, 1785 derjenigen von London gewählt, die Französische Akademie wählte ihn 1814 sogar zu einem ihrer acht auswärtigen Mitglieder (seit 1808 war er Korrespondierendes Mitglied). Auch im hohen Alter hat *Watt* an der Entwicklung von Wissenschaft, Technik und Kunst noch regen Anteil genommen.

Am 25. August 1819 starb er in seinem Haus in Heathfield bei Birmingham. Seine Ruhestätte fand er in der Londoner Westminster-Abtei, wo viele, die England zu seinen bedeutenden Persönlichkeiten zählt, beigesetzt sind.

Watts Entwicklungen zur Dampfmaschine beruhten auf wissenschaftlicher Grundlage. Die häufig verbreitete Ansicht, erst *Sadi Carnot* (1796 bis 1832) habe durch seinen thermodynamischen Kreisprozeß der Dampfmaschine die wissenschaftliche Basis gegeben, ist einseitig und trifft im wesentlichen nur auf die Effektivität dieser Maschine zu. Ohne genaue Kenntnis der Mechanik, der Gasgesetze und auch der Wärmelehre wäre die Entwicklung der Dampfmaschine von *Papin* bis *Watt* nicht möglich gewesen. Die Dampfmaschine ist also eindeutig eine Entwicklung auf dem Niveau und unter Anwendung der wissenschaftlich-technischen Erkenntnisse jener Zeit, und *James Watt* hat dieses Wissen und Können beherrscht.

Lebensdaten zu James Watt

1736	Am 19. Januar als Sohn eines Schiffbauers in Greenock am Clyde (Schottland) geboren
1754 bis 1756	Lehre als Feinmechaniker in Glasgow und London
1757 bis 1764	Universitätsmechaniker in Glasgow

1763	Die Reparatur des Modells einer Newcomen-Maschine gibt den Anstoß, sich mit der Dampfmaschine zu befassen
1765	Erfindung des Kondensators
1769	Erteilung des Patentes für den separierten Kondensator und damit für *Watts* Niederdruckdampfmaschine
1774	Gründung der ersten Dampfmaschinenfabrik der Welt „Boulton & Watt" in Soho bei Birmingham
1780	Patent zum Briefkopierprozeß
1782	Patente zur doppeltwirkenden Dampfmaschine
1783	Die erste rotierende Maschine außerhalb Sohos wird errichtet
1800	Mit Ablauf des Dampfmaschinenpatentes zieht sich *Watt* aus der Geschäftstätigkeit zurück
1819	Am 19. August in Heathfield bei Birmingham verstorben

Literaturverzeichnis zu James Watt

[1] *Arago, F.:* James Watt (Gedächtnisrede 1834). In: Franz Arago's sämtliche Werke. Bd. 1., Leipzig 1854, S. 297—409.

[2] *Dickinson, H. W., R. Jenkins:* James Watt and the Steam Engine. (Memorial Volume), Oxford 1927.

[3] *Engels, F.:* Dialektik der Natur. In: MEW, Bd. 20, Berlin 1973.

[4] *Friedt, H.:* Zur Geschichte der Dampfmaschine. Berlin 1964.

[5] *I. Ja. Konferatov:* Džems Watt — izobretatel' parovoi mašiny. (James Watt, Der Erfinder der Dampfmaschine), Moskva 1969.

[6] *Matschoß, C.:* Geschichte der Dampfmaschine. Ihre kulturelle Bedeutung, technische Entwicklung und ihre großen Männer. Berlin 1901.

[7] *Matschoß, C.:* Die Entwicklung der Dampfmaschine. 2 Bde., Berlin 1908.

[8] *Matschoß, C.:* Große Ingenieure. 4. Aufl., München 1954.

[9] *Scherer, F. M.:* Invention and Innovation in the Watt-Boulton Steam-Engine Venture. In: Technology and Culture, Chicago 6 (1965) 2, S. 165—187.

[10] *Sittauer, H. L.:* James Watt. Leipzig 1981 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 53).

[11] Correspondence of the Late James Watt on his Discovery of the Theory of the Composition of Water. Ed. by J. P. Muirhead, London, Edinburgh 1846.

[12] Partners in Science — Letters of James Watt and Joseph Black. Ed by E. Robinson/D. McKie. London 1970.

Johann Beckmann

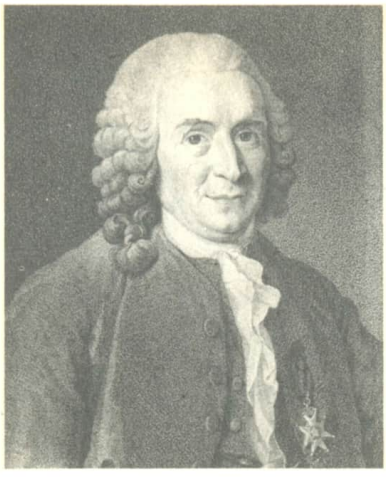
Johann Beckmann (1739 bis 1811)

Die Herausbildung der Technologie zu einer Wissenschaft setzt objektiv die Entwicklung der kapitalistischen Produktionsweise voraus. Als geistiger Vater dieser Technikwissenschaft ist *Johann Beckmann* anzusehen. Nach *Karl Karmarsch* (1803 bis 1879) gebührt *Beckmann* dieses Verdienst, Begründer der Technologie zu sein, „nicht etwa bloß, weil er den Namen, sondern auch, weil er die Sache und die Form schuf, letztere freilich nur erst in unvollkommener Weise, wie es im Beginn kaum anders möglich war." [7; S. 864]

Beckmann entwickelte und lehrte die Technologie erstmalig als selbständige Wissenschaft und löste den Untersuchungsbereich, die materiell-technische Seite des Produktionsprozesses, aus der Kameralistik und aus der „Hausväterliteratur" heraus. Ebenso grenzte er diesen Bereich gegen die bildenden Künste ab.

Beckmann wurde am 4. Juni 1739 in Hoya an der Weser als Sohn eines Kontributionseinnehmers und Postverwalters geboren. Nach dem Tode des Vaters übernahm die Mutter die Erziehung des sechsjährigen Johann und seiner zwei Geschwister. *Beckmann* wurde frühzeitig von seiner Mutter auf ein Theologiestudium orientiert. Er besuchte in Hoya eine öffentliche Lateinschule und erhielt Privatunterricht. Mit 15 Jahren wurde er Gymnasiast in Stade; sein besonderes Interesse galt den Sprachen und eigenen literarischen Versuchen. [vgl. 6; S. 22 ff.]

Ostern 1753 wurde *Beckmann* an der theologischen Fakultät der Universität Göttingen immatrikuliert. Er wandte sich jedoch bald dem Studium der Physik, Mathematik, Naturlehre und Kameralistik zu. Seine Sprachkenntnisse erweiternd und nutzend, übersetzte er bereits in Göttingen Abhandlungen über die Erfindung der Magnetnadel und über die Geschichte des Goldes. Die Leidenschaft, sich mit der Produktionsgeschichte unterschiedlicher Produkte, mit Technik und Erfindungen zu beschäftigen, ließ ihn nun nicht mehr los. Auf seinen ersten Studienreisen im Jahre 1762 — u. a. nach Utrecht, Leiden und Haag — interessierte sich der junge Absolvent der Universität besonders für Fabrik- und Gewerbeunternehmungen sowie für Mineralien.



Carl von Linné

1763 wurde *Beckmann* Lehrer für Mathematik, Physik und Naturgeschichte am evangelischen St.-Peter-Gymnasium in St. Petersburg (Leningrad). Während seines Aufenthaltes in Rußland von 1763 bis 1765 lernte er den Historiker *August Ludwig von Schlözer* (1735 bis 1809) kennen. Die Freundschaft zu *Schlözer*, später einer der führenden deutschen antifeudalen politischen Publizisten, hielt bis zu seinem Tode an. *Beckmann* veröffentlichte während seines Rußlandaufenthaltes naturwissenschaftliche Arbeiten, die u. a. im „Hannoverschen Magazin" erschienen.
Von 1765 bis 1766 unternahm *Beckmann* eine ausgedehnte Studienreise nach Schweden und Dänemark. In Uppsala, wo er mit *Carl von Linné* (1707 bis 1778) bekannt und dessen Schüler wurde, bekam er viele Anregungen für sein weiteres Schaffen. 1766 wurde *Beckmann* an der Universität Göttingen außerordentlicher Professor für Philosophie. Er widmete sich in den folgenden Jahren jedoch stärker den ökonomischen Wissenschaften und der Landwirtschaft. Unter dem Eindruck *Linnés* schrieb *Beckmann* das 1769 gedruckte Lehrbuch „Grundsätze der teutschen Landwirthschaft". Es erfuhr bis 1806 sechs weitere Auflagen, ehe es durch die Arbeiten des Pioniers der Agrarwissenschaften *Albrecht Daniel Thaer* (1752 bis 1828) überholt war.
Beckmanns Standpunkt zur Wissenschaft, den er zeitlebens zu verwirklichen suchte, wird bereits in den „Grundsätzen ...", in denen er erstmals den Begriff Technologie verwandte, zum Ausdruck gebracht: 1. Es wird der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Wissenschaften aufgezeigt und nachdrücklich dessen Beachtung gefordert. Dabei kam *Beckmann* einer dialektischen Auffassung von der Einheit der Wissenschaften sehr nahe, wenn er u. a. formulierte: „Die Wissenschaften, so verschieden sie auch den Anfängern zu seyn scheinen, nähern sich doch dergestalt einander, daß die Gränzen schwer zu erkennen und zu bestimmen sind ..." [5; S. 8] 2. Die Verbindung von Wissenschaft, Lehre, experimenteller und Produktionspraxis wurde von *Beckmann* als Vorteil für das Studium erkannt und durchzusetzen gesucht. Beispielsweise wurden in seinen Vorlesungen Modelle von Pflügen, Werkzeuge und Maschinen, Proben von Materialien, Waren, Samen und Holzarten demonstriert; mit den Hörern wurden Werkstätten und Manufakturen in

der näheren Umgebung und auf Reisen in den Harz besucht; im „ökonomischen Garten" der Universität, der die deutschen Nutzpflanzen und -kräuter, Bäume und Sträucher, Getreidearten, Bienenkörbe u. a. enthielt, wurden Kenntnisse anhand der Pflanzen vertieft und Fertigkeiten, wie z. B. das Pfropfen, geübt. Hörer seiner Vorlesungen waren zeitweise auch Handwerker. 3. *Beckmann* fühlte sich dem *Leibniz*-Schüler und ersten Kurator der Göttinger Universität *Gerlach Adolf von Münchhausen* (1688 bis 1770) verpflichtet, der die Wissenschaft entschieden förderte und unter dessen Leitung sich die Göttinger Universität zur progressivsten im Deutschland der zweiten Hälfte des 18. Jh. entwickelte.

Der 1770 in Göttingen zum ordentlichen Professor für Ökonomie berufene *Beckmann* veröffentlichte 1777 die „Anleitung zur Technologie ...", mit der er die Technologie als Wissenschaft begründete. Ihm ging es dabei um die Lösung eines Problems, das er folgendermaßen umriß: „Die Anzahl der Handwerke, Fabriken und Manufakturen ist so groß, daß es schon schwer fällt, nur ein vollständiges Verzeichnis derselben zusammen zu bringen; noch größer ist die Mannigfaltigkeit ihrer Arbeiten, Werkzeuge, Materialien und Waaren. Um diese zu verstehen, sind viele Hülfswissenschaften erforderlich, die wiederum von ungeheurer Ausdehnung sind ... Und wenn man auch vernimt, daß jemand sich diese vorläufigen Kenntnisse erworben hat, was für Schwierigkeiten kommen ihm nicht entgegen, wenn er sie zur Erlernung und Erklärung der Technologie anwenden will! Nur zwo Quellen giebt es, aus denen er schöpfen kann; diese sind die Werkstellen der Handwerker und die Bücher, in welchen die Künste bereits abgehandelt sind." [5; S. 6f.] Obwohl sich *Beckmann* noch nicht auf den typischen Untersuchungsbereich der Wissenschaft Technologie, die materiell-technische Seite des Produktionsprozesses mit der Qualität des maschinellen Fabriksystems, stützen konnte, da — in England — die industrielle Revolution gerade erst begann, entwickelte er eine Konzeption, die in ihren Grundaussagen Ausgangsbasis der Wissenschaft Technologie war und z. T. noch ist. Da aber erst die große Industrie die Produktionsprozesse in „gesellschaftlich kombinierte und wissenschaftlich disponierte" [8; S. 656] umwandelte, damit die Technikwissenschaften förderte und die Anwendung ihrer Ergebnisse erforderte, blieben *Beckmanns* Resultate zunächst nur auf die Lehre beschränkt. Seine Gedanken verbreiteten sich in Deutschland sehr schnell und wurden von anderen Gelehrten weiterentwickelt. *Beckmanns* Erfolg ist vor allem darauf zurückzuführen, daß er die fortschrittlichsten Traditionen deutscher Wissenschaft, wie z. B. die Auffassungen von *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646 bis 1716) und *Christian Wolff* (1679 bis 1754) fortsetzte und sie mit dem englischen Materialismus eines *Francis Bacon* (1561 bis 1626) und der französischen Aufklärung, so den Ideen des Materialisten *Denis Diderot* (1713 bis 1784) verband. Die geistige Nähe zur französischen Aufklärung wird bei *Beckmann* mehrfach sichtbar. Das zeigt etwa ein Vergleich zwischen dem XXVII. „Gedanken zur Interpretation der Natur" *Diderots* und der Vorrede *Beckmanns* zur „Anleitung zur Technologie ...".

Auch die Grundlage der Einteilung der Technologie ist im Sinne der Aufklärung zu verstehen. *Beckmann* gibt der Gleichheit und Ähnlichkeit der Verfahren den Vorzug und sieht „nicht nur die Menge, Grösse und Seltenheit der natürlichen Geschicklichkeit und Kenntnissen dessen, der in seiner Kunst gross seyn will". [1; S. 20] Seine Ordnung, die davon ausgeht, erst die einfacheren Arbeiten und dann

jene, die viele vereinigen abzuhandeln, ist ein wesentlicher Aspekt des methodischlogischen Vorgehens in dieser Wissenschaft. *Karl Marx'* Feststellung, die „Technologie entdeckte ebenso die wenigen großen Grundformen der Bewegung, worin alles produktive Tun des menschlichen Körpers, trotz aller Mannigfaltigkeit der angewandten Instrumente, notwendig vorgeht ...." [8; S. 510], greift den richtigen Ansatz bei *Beckmann* auf. *Beckmann* suchte die verschiedenen Arbeiten der Handwerke und Fabriken auf wissenschaftlicher Grundlage zu systematisieren, um sie besser lehrbar zu machen. Die bis dahin übliche Beschreibung der Mittel und Verfahren, die zur Herstellung eines Produktes notwendig waren, ergänzte er durch eine vergleichende Betrachtung, so daß gleiche oder ähnliche Verfahren und Mittel unterschiedlicher Arbeiten und Gewerke einer Abteilung (Ordnungsgruppe) zugeordnet werden konnten. Hierbei gelangte *Beckmann* zu verschiedenen Ansätzen, die z. T. unvollkommen blieben, da er sich kaum auf naturwissenschaftliche Kenntnisse stützen konnte. Die Einführung der vergleichenden Methode von Produktionsverfahren in die Technologie war ein solcher Ansatz, der von anderen Gelehrten und Technikwissenschaftlern aufgegriffen wurde und zu dem heute bekannten Ordnungsprinzip von Verfahren führte, wie sie in der Fertigungs- und Verfahrenstechnik üblich ist. Der Einsatz von Mitteln und Verfahren für bestimmte Zwecke (z. B. dem „Zerkleinern") wurde von *Beckmann* im Ansatz ebenfalls systematisiert, wobei die Stoffeigenschaften der Körper wie spröde, weich, faserig, metallisch u. a. m. als Einflußmerkmale auf die „Gewalt, welche zur Zertheilung nöthig ist" [2; S. 486] berücksichtigt wurden. Die von ihm entwickelte Zweck-Mittel-Relation bei Beachtung der Werkstoffeigenschaften war ein weiterer von ihm gewiesener Weg. Heute, da sich die Werkstoffwissenschaften etabliert haben, ist diese Beachtung von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung bei der Projektierung und Rationalisierung von Produktionsprozessen.

Beckmanns Technologieauffassungen reflektieren die Überwindung feudaler, zunftmäßig betriebener Produktion: „*Technologie* ist die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kenntniß der Handwerke, lehrt. Anstat daß in den Werkstellen nur gewiesen wird, wie man zur Verfertigung der Waaren, die Vorschriften und Gewohnheiten des Meisters befolgen soll, giebt die Technologie, in systematischer Ordnung, gründliche Anleitung, wie man zu eben diesem Endzwecke, aus wahren Grundsätzen und zuverlässigen Erfahrungen, die Mittel findet, und die bey der Verarbeitung vorkommenden Erscheinungen erklären und nutzen soll". [1; S. 17] Weiter forderte *Beckmann*, Mathematiker und Naturwissenschaftler sollten zum Nutzen der Gewerbe beitragen. Die Erscheinung, „daß einerley Werkzeuge und Arbeiten, bey verschiedenen Handwerken, ganz verschiedene Benennungen haben", war für die weitere Entwicklung des Produktionsprozesses und seine wissenschaftliche Begründung unvorteilhaft. Deshalb schlug *Beckmann* vor, die „technologische Terminologie philosophisch oder systematisch (zu) bearbeiten". [1; S. 14]

Auf diese Probleme kam *Beckmann* in seinem „Entwurf der algemeinen Technologie" (1806) zurück. Unter Hinweis auf *F. Bacon*, der nach *Beckmann* fast die allgemeine Technologie angesprochen hat [vgl. 2; S. 470], sagte *Beckmann*, daß „die Künste und Handwerke nicht sowohl durch ganz neue Erfindungen erstaunlich verbessert worden sind, als vielmehr nur durch Übertragung der Mittel von einem

Francis Bacon

Handwerke zum andern". [2; S. 469] Mit dem „Entwurf der algemeinen Technologie" wird ein Vergleich der Arbeiten über die Zweck-Mittel-Relation angestrebt, d. h., es sollte ein „Verzeichnis aller verschiedenen Absichten, welche die Handwerker und Künstler bey ihren verschiedenen Arbeiten haben, und daneben ein Verzeichnis aller der Mittel, durch welche sie jede derselben zu erreichen wissen" [2; S. 465], aufgestellt werden. *Beckmann*, der die industrielle Entwicklung Englands verfolgte, die tatsächlichen Ursachen für das Zurückbleiben Deutschlands auf technischem Gebiet jedoch nicht erfaßte, beanstandete aus der Sicht des aufstrebenden Bürgertums die Unterschätzung der Technik in der Feudalgesellschaft. Auf seine Art propagierte er den technischen Fortschritt in Deutschland. Als Wissenschaftler, der ökonomische Preisschriften zu bewerten hatte, setzte er sich unabhängig vom Bildungsstand für jene ein, die einen guten Beitrag einbrachten, aber keine entsprechende Schrift auswiesen.

Beckmanns Verdienste um die Begründung und Ausarbeitung der Technologie wurden schon zu seinen Lebzeiten gewürdigt. Seine Mitgliedschaft in wissenschaftlichen Akademien, in wissenschaftlichen und landwirtschaftlichen Vereinen im In- und Ausland belegen das ebenso wie seine Ernennung zum großbritannischen und braunschweig-lüneburgischen Hofrat.

Beckmann war ein an wissenschaftlichen, politischen und kulturellen Problemen interessierter Wissenschaftler, der das öffentliche Leben der Stadt Göttingen progressiv beeinflußte. Bis kurz vor seinem Tode (er verstarb am 3. Februar 1811) kam er seinen Lehrverpflichtungen nach. Er hinterließ zahlreiche weitere Schriften, wie z. B. die fünfbändigen „Beyträge zur Geschichte der Erfindungen", auf die sich *Marx* im „Kapital" bezog. [8; S. 451 f., 856] *Beckmanns* Ideen und Lehren führte sein Schüler *Johann Heinrich Moritz von Poppe* (1776 bis 1854) erfolgreich fort. Die anerkannte Bedeutung der Wissenschaft Technologie für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt ist historisch auch mit *Johann Beckmann* untrennbar verbunden.

Lebensdaten zu Johann Beckmann

1739	Am 4. Juli in Hoya an der Weser geboren
1759 bis 1762	Studium an der Göttinger Universität
1763 bis 1765	Gymnasiallehrer in St. Petersburg (Leningrad)
1765	Studienreise nach Schweden und Dänemark
1766	Berufung zum außerordentlichen Professor für Philosophie an der Göttinger Universität
1769	„Grundsätze der teutschen Landwirthschaft"
1770	Berufung zum ordentlichen Professor für Ökonomie an der Göttinger Universität
1777	„Anleitung zur Technologie..."
1782	„Beyträge zur Geschichte der Erfindungen" (1805 erscheint der fünfte Band)
1806	„Entwurf der algemeinen Technologie"
1811	*Johann Beckmann* stirbt am 3. Februar in Göttingen

Literaturverzeichnis zu Johann Beckmann

[1] *Beckmann, J.:* Anleitung zur Technologie oder zur Kenntniss der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirthschaft, Polizey und Cameralwissenschaft in nächster Verbindung stehn ... Zwote, verbesserte und vermehrte Ausgabe, Göttingen 1870.

[2] *Beckmann, J.:* Entwurf der algemeinen Technologie. In: Beckmann, J.: Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück, Göttingen 1806.

[3] *Beckmann, J.:* Grundsätze der teutschen Landwirthschaft. Vierte, wiederum verbesserte u. vermehrte Ausgabe, Göttingen 1790.

[4] *Beckmann, J.:* Schwedische Reise in den Jahren 1765 bis 1766. Tagebuch mit Einleitung und Anmerkungen im Auftrage der Kgl. Universität Upsala. Hrsg. von Th. M. Fries, Upsala 1911.

[5] *Beckmann, J.:* Vorrede, zu: Johann Karl Gottfried Jacobsons technologisches Wörterbuch oder alphabetischer Erklärung aller nützlichen mechanischen Künste, Manufacturen, Fabriken und Handwerker, wie auch aller dabey vorkommenden Arbeiten, Instrumente, Werkzeuge und Kunstwörter ... Hrsg. von O. L. Hartwig, T. 1, Berlin und Stettin 1781.

[6] *Exner, W. F.;* Johann Beckmann — Begründer der technologischen Wissenschaften. Wien 1879.

[7] *Karmarsch, K.:* Geschichte der Technologie seit der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts. In: Geschichte der Wissenschaft in Deutschland. Neuere Zeit. Bd. 1, München 1872.

[8] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 1. In: MEW, Bd. 23, Berlin 1962.

[9] *Poppe, J. H. M.:* Ausführliche Volks-Gewerbslehre oder allgemeine und besondere Technologie ... Bd. 1, Stuttgart/Wien 1833.

Edmund Cartwright (1743 bis 1823)

Cartwright hat sich durch die Erfindung des funktionsfähigen mechanischen Webstuhles einen festen Platz in der Geschichte der Technik gesichert.

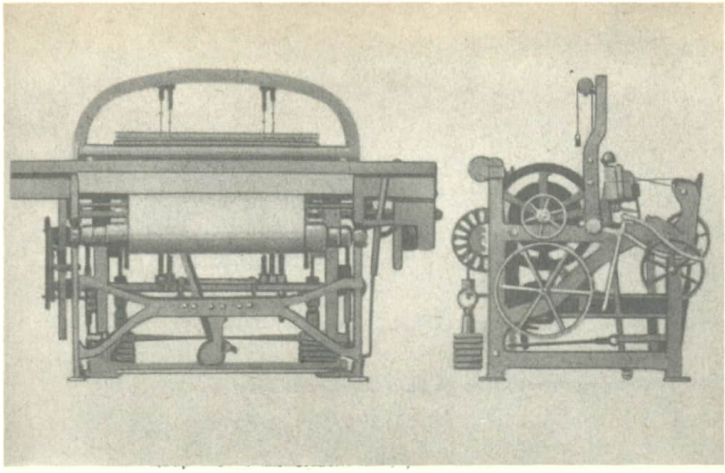
Edmund Cartwright wurde am 25. April 1743 in Marnham, Nottinghamshire, geboren. Er besuchte in Wakefield die Grammar School und erhielt seine weitere Ausbildung am University College und am Magdalenen College in Oxford. In Oxford wurde er wohl auch zum Doktor promoviert. *Cartwright* waren also die wissenschaftlichen Erkenntnisse seiner Zeit durchaus geläufig.

Nach Abschluß des Studiums war *Cartwright* als Geistlicher tätig. Er erhielt zunächst die Pfarre von Brampton in der Nähe von Wakefield. 1779 kam er als Landpfarrer nach Goadby Marwood in Leicestershire; diese Pfarrstelle behielt er bis 1808. Seit 1786 hatte er eine Pfründe an der Kathedrale zu Lincoln.

Cartwright wäre wahrscheinlich ein unbekannter Landpfarrer geblieben, wenn seine Aufmerksamkeit 1784 nicht auf die Situation in der englischen Baumwollindustrie gelenkt worden wäre. Es war die Zeit, da große Teile der englischen Bevölkerung über das Für und Wider der *Arkwright*schen Spinnmaschinen stritten und *Arkwright* selbst die Patentrechte seiner Erfindungen bei Gericht durchzufechten versuchte. In dieser Zeit ist *Cartwright* wohl auch mit *Arkwright* persönlich bekannt geworden. „Es war im Sommer 1784 zu Matlock", berichtet *Cartwright*, „wo ich mich mit einigen Herren aus Manchester über *Arkwrights* Spinnmaschine unterhielt. Ein Herr der Gesellschaft bemerkte, daß, sobald *Arkwrights* Patent abgelaufen sei, so viel Spinnereien errichtet und so viel Garne gesponnen würden, daß niemals genug Arbeitskräfte gefunden werden könnten, es zu verweben. Bei dieser Bemerkung erwiderte ich, daß *Arkwright* alsdann seinen Verstand anstrengen müsse, eine mechanische Weberei zu ersinnen. ... Kurze Zeit darauf fiel mir auf, daß beim Weben glatter Stoffe nur drei Bewegungen — die Schaft-, Schützen- und Ladenbewegung — aufeinander folgten. Ich stellte mir dann vor, daß es nur geringe Schwierigkeiten bereiten müsse, diese mechanisch auszuführen und zu wiederholen. Erfüllt von dieser Idee, beauftragte ich sofort einen Zimmermann und einen Schmied, um sie zu verwirklichen ... Zu meinem großen Entzücken wurde dann auch ein Stück Stoff erzeugt ..." [7; S. 128f.]

Cartwright begann seine Versuche, einen mechanischen Webstuhl zu konstruieren, natürlich nicht ohne jegliche Voraussetzungen. Entsprechende Versuche reichen zurück bis auf *Leonardo da Vinci* (1452 bis 1519). 1687 sollen *de Gennes*, 1747 der berühmte französische Automatenbauer *Jacques de Vaucanson* (1709 bis 1782) versucht haben, Wasser als Triebkraft für von ihnen konstruierte mechanische Webstühle zu benutzen. Beschreibungen und Grundideen, die jedoch bislang keine praktische Bedeutung erlangt hatten, waren also auch hier vorhanden. Es ist allerdings nicht bekannt, inwieweit *Cartwright* von ihnen Kenntnis hatte. Festzuhalten bleibt weiterhin, daß auch im Falle der Mechanisierung des Webeprozesses ein gesellschaftliches Bedürfnis den Anstoß für seine praktische Realisierung gab. Überdies soll zur gleichen Zeit wie *Cartwright* ein Dr. *Jeffray* in Schottland ebenfalls einen mechanischen Webstuhl entwickelt haben.

Cartwright hatte im Sommer 1784 mit seinen mechanischen Experimenten begonnen und im April des folgenden Jahres einen ersten mechanischen Webstuhl fertig-



Mechanischer Webstuhl von Cartwright (1804)

gestellt. Im gleichen Jahr erhielt er das erste Patent. Freilich war dieser erste Prototyp einer Webemaschine noch sehr unvollkommen. Die Handweber, die den ersten maschinell gewebten Stoff zu Gesicht bekamen, verspotteten den Erfinder. Aber *Cartwright* ließ sich nicht entmutigen. Er wurde in seinen Anstrengungen beflügelt durch *Wolfgang von Kempelens* (1734 bis 1804) „Schachautomaten", den er seinerzeit gesehen und der die besten Schachspieler Europas schlug — ohne indessen zu ahnen, daß in diesem Mechanismus der beinamputierte Pole *Woronski*, ein hervorragender Schachspieler, untergebracht war. Wenn es möglich war, einen Mechanismus zur Unterhaltung, zur Spielerei, zu konstruieren, dann, so schlußfolgerte *Cartwright*, mußte sich ja wohl auch eine mechanische Vorrichtung zu nützlichen Dingen finden lassen. *Cartwright* arbeitete also angestrengt weiter. Noch im Jahr 1785 ging er nach Doncaster und gründete dort eine Webe- und Spinnfabrik. Hier vervollkommnete er seinen „power loom", worüber ihm 1786 und 1787 weitere Patente erteilt wurden.

1793 waren seine Geldmittel so weit erschöpft, daß er Konkurs anmelden mußte. Die Fabrik in Doncaster mußte den Gläubigern zur Abdeckung der Schulden übereignet werden. Bereits früher war eine Fabrik in Manchester mit einer großen Zahl *Cartwright*scher Webemaschinen ausgerüstet worden. Sie wurde aber 1791 durch Brandstiftung empörter Handweber zerstört. Wie schon *James Hargreaves'* (1740 bis 1778) und *Richard Arkwrights* Spinnmaschinen von den Handspinnern, so wurde *Cartwrights* mechanischer Webstuhl von den Handwebern erbittert bekämpft, weil sie um den Verlust ihrer bisherigen Beschäftigung fürchteten. Zu dieser Zeit hatte *Cartwrights* mechanischer Webstuhl, obgleich weiter verbessert, noch immer nicht die technische Perfektion und Zuverlässigkeit erreicht, um ihn in großem Maßstab anzuwenden. Der größte Mangel bestand darin, daß die Gewebestücke durch den im „Fach" steckenbleibenden Schützen stark beschädigt wurden. [4; S. 373) Das sogenannte „Fach" ist ein Zwischenraum, der durch die Teilung der Kettfäden (Längsfäden des Gewebes) und Hochziehen des einen Teiles sowie das Absenken des anderen Teiles der Kette entsteht. Durch den so gebildeten Zwischenraum wird der „Schütze" mit dem Schuß (Querfäden des Gewebes) geführt und mit der Kette

verflochten. Erst 1796 soll es gelungen sein, diese Schwierigkeit endgültig zu beheben.

Über diejenigen, die den mechanischen Webstuhl seit den neunziger Jahren des 18. Jh. bis zur Betriebsreife vervollkommneten, herrschen in der Literatur unterschiedliche Meinungen. Die einen plädieren für *Cartwright*, der seinen „power loom" um 1804 so weit entwickelt hatte, daß er erfolgreich gegen die Handweber konkurrieren konnte. [vgl. 1; S. 242] Andere schreiben das Verdienst *W. Radcliffe* und *W. Storrocks* zu. Sie sollen den mechanischen Webstuhl von 1803 an so verbessert haben, daß er sich nun tatsächlich erst erfolgreich in der Praxis verwenden ließ. [vgl. 6; S. 22] Immerhin waren die finanziellen Resultate, die *Cartwright* bis zum Beginn des 19 Jh. aus seiner Erfindung zog, wenig befriedigend und in keiner Weise mit *Arkwrights* vergleichbar, obgleich 1801 die Patentrechte *Cartwrights* durch das Parlament um 14 Jahre verlängert wurden. Das mag u. a. am persönlichen Naturell *Cartwrights* gelegen haben, den vorrangig die mechanisch-technische Seite der Angelegenheit interessierte und der nicht wie *Arkwright* kapitalistischer Unternehmer gewesen ist.

Die Dominanz des Schöpferischen im Charakter *Cartwrights* geht schon daraus hervor, daß das ihn interessierende mechanisch-technische Spektrum weit über die Weberei hinausging. So hatte er sich seinerzeit, als *Robert Fulton* (1765 bis 1815) noch in England weilte, an dessen Dampfschiffexperimenten beteiligt. [vgl. 3; S. 687] Dieser Tätigkeit verdankte er wohl auch seine Kenntnisse über die Dampfmaschine. 1797 versuchte er als einer der ersten, eine Dampfmaschine ohne Balancier zu konstruieren und die Kondensation des Dampfes zu verbessern. Davon zeugt sein entsprechendes Patent vom 11. November 1797. [vgl. 5; S. 539] Andere Quellen [vgl. 3; S. 687] sprechen auch von einer „alcoholpowered engine", einer durch Alkohol angetriebenen Kraftmaschine, die 1791 patentiert worden ist. Es muß sich hier offenbar um ein nach dem Prinzip der Dampfmaschine funktionierendes Antriebsaggregat gehandelt haben, bei welchem anstelle des Energieträgers Dampf eine andere verdampfungsfähige Flüssigkeit — in diesem Falle Alkohol — genutzt wurde.

Ein weiterer Gegenstand von *Cartwrights* technischem Interesse richtete sich auf die Bemühungen, die sog. Handkämmerei der Wolle und Baumwolle durch Maschinen zu ersetzen. Das durch den Kardierungsprozeß erzeugte Faserband (Wolle oder Baumwolle), aus dem in den Folgeprozessen das Garn gesponnen wird, enthielt neben den erwünschten langen auch noch unerwünschte kurze Fasern, die, da sie die Feinheit des Garnes beeinträchtigten, vorher ausgekämmt werden mußten. Dieses „Kämmen" geschah von Hand; die Mechanisierung des Spinnens erforderte aber dringend auch eine maschinelle Ausführung des Kämmens. Zwischen 1789 und 1801 erhielt *Cartwright* mehrere Patente auf eine solche „Kämm-Maschine". Bereits 1794 wurde eine seiner Kämm-Maschinen bei Ramsbotham in Bradford durch ein Göpelwerk betrieben. Sie mußte jedoch auf Proteste der Handkämmer hin stillgelegt werden. Erst 1840 diente sie als Grundlage für neue Verbesserungen auf diesem Gebiet. [vgl. 4; S. 287] Um das Bild über *Cartwrights* technischen Wirkungskreis abzurunden, sei erwähnt, daß er sich 1792 eine Maschine zur Herstellung von Seilen patentieren ließ. Der Ausgangspunkt für diese Überlegungen ist im Aufschwung der englischen Seeschiffahrt um die Wende vom 18. zum 19. Jh. zu suchen. Dadurch

kam es zu einer vergrößerten Nachfrage nach Schiffstauwerk, das bis zu diesem Zeitpunkt ausschließlich von Hand hergestellt worden war.
1807 wurde der britischen Regierung eine Denkschrift über die Verdienste, die sich *Cartwright* durch seine Webemaschinen und seine anderen Erfindungen um das Land erworben hatte, zugeleitet. Daraufhin erkannte ihm das Unterhaus 1809 eine Gratifikation von 10000 Pfund Sterling zu.
Cartwright erwarb mit diesem Gelde ein kleines Landgut in Hollander, in der Nähe von Sevenoaks (Kent), wo er die folgenden Jahre seines Lebens verbrachte. Auch hier blieb er nicht untätig, sondern widmete sich der Verbesserung landwirtschaftlicher Werkzeuge. *Cartwright* starb am 30. Oktober 1823 in Hastings.

Lebensdaten zu Edmund Cartwright

1743	Am 24. April in Marnham, Nottinghamshire geboren
1779	Landpfarrer in Goadby Marwood
1784	Erste Verbindung zur Baumwollindustrie
1785	Fertigstellung des Prototyps eines mechanischen Webstuhles und erstes Patent; Gründung einer Spinn- und Webefabrik in Doncaster
1786/1787	Weitere Patente auf diese Erfindungen
1791	Patent über „alcohol-powered engine"
1792	Patent auf eine Maschine zur Herstellung von Seilen
1793	*Cartwright* verliert durch Konkurs sein Vermögen
1789 bis 1801	*Cartwright* erhält mehrere Patente auf eine Kämm-Maschine
1823	30. Oktober, *Cartwright* stirbt in Hastings

Literaturverzeichnis zu Edmund Cartwright

[1] *Engels, F.:* Die Lage der arbeitenden Klasse in England. In: MEW, Bd. 2, Berlin 1959.
[2] Encyclopaedia Britannica. Vol. 4, Chicago, London, Toronto 1955.
[3] The Encyclopaedia Americana. Vol. 5, New York, Chicago, Washington D. C. 1957
[4] Das Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien. Bd. VIII., 9. Aufl., Leipzig, o. J.
[5] *Beck, L.:* Geschichte des Eisens, Bd. 4, Braunschweig 1897.
[6] *Klingender, F. D.:* Kunst und Industrielle Revolution. Dresden 1974.
[7] *Zischka, A.:* 5000 Jahre Kleidersorgen. Leipzig 1944.
[8] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.

Christian Friedrich Brendel (1776 bis 1861)

Christian Friedrich Brendel war nach einigen Jahren praktischer Maschinenbau-Tätigkeit auf der damaligen kurfürstlich-sächsischen Saline Dürrenberg von 1811 bis 1851 der oberste Maschinen-Beamte im sächsischen Erzbergbau und im staatlichen Hüttenwesen. Die Produktionsverhältnisse seines Tätigkeitsbereiches und damit sein Lebenslauf und sein technisches Lebenswerk waren von dem im 16. Jh.

Christian Friedrich Brendel

aufgestellten, also noch vom Feudalismus geprägten „Direktionsprinzip" bestimmt. Danach waren die Gruben zwar privates Eigentum einzelner Bergwerksunternehmer oder Kapitalgesellschaften, wurden aber technisch und ökonomisch von der staatlichen Bergbehörde geleitet. Die einzelnen sächsischen Bergämter und das Freiberger Oberbergamt bestimmten also u. a. Art und Umfang des Erzabbaus, Verwendung der Geldeinnahmen, die Investitionen und den Betrieb technischer Neuanlagen. Sie hatten neue Maschinen zu projektieren, ihren Bau zu leiten und ihren Betrieb zu überwachen.

Die Entwicklung der Produktivkräfte allgemein und der Maschinentechnik im besonderen hatte ab etwa 1770 die Tätigkeit maschinentechnisch spezialisierter Bergbeamter erforderlich gemacht und schon 1765 die Gründung der Bergakademie Freiberg veranlaßt. Hier sollten die für das Direktionsprinzip benötigten Bergbeamten, also auch die des Maschinenwesens, eine auf der Höhe der Zeit stehende, gründliche Ausbildung erhalten. Wer sich verpflichtete, nach dem Studium als Bergbeamter in den Dienst des sächsischen Staates zu treten, erhielt ein Stipendium. Diese Verhältnisse des Direktionsprinzips bestimmten die Arbeits- und Lebensbedingungen der zum größten Teil armen Bergleute des erzgebirgischen Erzbergbaus.

Christian Friedrich Brendel wurde am 26. 12. 1776 als Sohn eines Bergmanns in dem noch heute erhaltenen Zechenhaus der Grube „Peter und Paul" am Filzteich bei Schneeberg-Neustädtel geboren. Wie die meisten Bergmannssöhne des Erzgebirges wurde er ebenfalls Bergmann, zunächst auf dem Marx-Semler-Stolln bei Schneeberg, später auf der Grube Morgenstern bei Freiberg.

Im Jahre 1797 bat er um Aufnahme an der Bergakademie Freiberg. Sein Gesuch wurde angenommen, und er erhielt ein Stipendium. Als Student erzielte er besonders in den maschinentechnischen Studienfächern solche Leistungen, daß sich damit schon seine Berufslaufbahn fachlich abzeichnete: er wollte im bergmännischen Maschinenbau tätig werden.

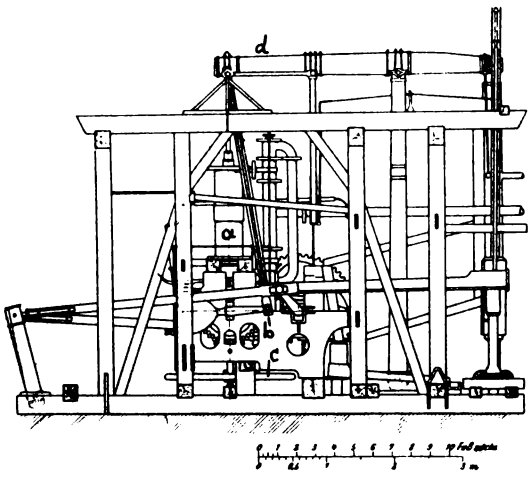
Als *Brendel* sein Studium beendet hatte, arbeitete er kurze Zeit als Obersteiger auf dem Thelersberger Stolln in Brand-Erbisdorf bei Freiberg. Im Jahre 1802 wurde er

auf eine Studienreise in den Harz und nach England geschickt, wo er sich technisch weiter qualifizieren und technische Neuerungen erkunden sollte, die für den sächsischen Bergbau nutzbar zu machen wären. Damit war *Brendel* einer von denen, die das damals technisch am weitesten entwickelte Land mit dem Ziel der Industriespionage bereisten.

Er schrieb z. B. 1804 aus England an den Freiberger Oberberghauptmann *Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra* (1740 bis 1819): „Im Ganzen genommen ist es nicht so leicht, verschiedene Dinge zu sehen, und gewiß für manchen, der sich nicht geschwind genug in die Lage des gewöhnlichen Arbeiters versetzen kann, ganz unmöglich. Schon oft ließ ich mir die Einrichtung einer Dampfmaschine erklären, von der ich wenigstens zehnmal mehr wußte als der gütige Demonstrator selbst. Doch das gehört dazu, daß man in dergleichen Fällen seine Aufmerksamkeit dem Zeigenden schenkt, um — wenn man etwas nicht recht eingesehen haben will — Fragen tun zu können, die das Interessante betreffen." [3; S. 204) Auf diese und ähnliche Weise lernte *Brendel* eine große Anzahl bergbaulicher und sonstiger technischer Anlagen Englands kennen, bei denen er allerdings auch kritisch Gutes von Mangelhaftem unterschied. In seinem Bericht an das Freiberger Oberbergamt machte er als Ergebnis der Reise u. a. Angaben über mehr als 60 Dampfmaschinen, etwa 25 Steinkohlengruben und 50 Erzbergwerke, etwa 20 Bergwerksmaschinen, etwa 50 Hüttenwerke, etwa 50 Mühlen und 80 sonstige Fabriken, Manufakturen und Gewerbebetriebe. [vgl. 3; S. 73]

Für uns heute sind auch die Reiseverhältnisse selbst historisch interessant. Das Segelschiff, mit dem *Brendel* von Hamburg nach London reisen wollte, brauchte für diese Fahrt fünf Wochen. Davon waren jedoch für die eigentliche Fahrt nur die letzten elf Tage erforderlich. Die Zeit zuvor lag das Schiff wegen ungünstigem Wind im Gebiet der Elbemündung fest! Als es schließlich an der nordwestdeutsch-niederländischen Küste entlangsegelte, bestand die Gefahr, von französischen Schiffen aufgebracht zu werden, da es gerade die Zeit der Kontinentalsperre *Napoleons I.* (1769 bis 1821) war! Über eine Fahrt mit der Postkutsche schrieb *Brendel*: „... Die ganze Gegend ist sehr gebirgig. Ich empfand dies merklich bei meiner Reise von Exeter nach Truro, wo ich in der Nacht auf dem Gepäck der Postkutsche, also gegen 12 bis 14 Fuß hoch (= fast 4 m), mit einer Schnelligkeit von mehr als 9 englischen Meilen (= 15 km) pro Stunde unter heftigem Sturm und Regen die Berge hinunterfuhr. Da die Straße zuweilen durch das Gebirgsgestein gehauen war, so schien es öfters, als gingen Weg und Reise gerade nach der Unterwelt". [1] (*Brendel* war zu spät zur Postkutsche gekommen und mußte auf deren Dach sitzen, das 70 cm hoch mit Gepäck belegt war.)

Nach Sachsen zurückgekehrt, wurde *Brendel* 1805 als Salinenbaumeister in der kurfürstlich-sächsischen Saline Dürrenberg angestellt. Hier leitete er u. a. den Bau einer großen Pumpenanlage im Witzlebenschacht und baute seine erste Dampfmaschine. Aus dem Witzlebenschacht bezieht noch heute der VEB Leunawerke „Walter Ulbricht" die benötigte Sole, wenn diese auch heute mit modernen Pumpen gefördert wird. Die Dürrenberger Dampfmaschine war eine eigenartige Konstruktion mit liegendem Schwungrad und hölzernem Maschinengerüst. Deutet das liegende Schwungrad auf eine Vorliebe *Brendels* für die Realisierung eigener Konstruktionsideen — eine Vorliebe für technische Experimente —, so stand er mit der



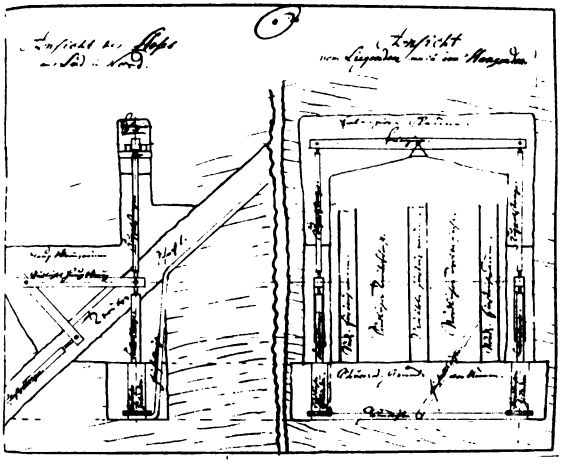
Brendels
Dürrenberger
Dampfmaschine

Verwendung von Holz bei diesem Maschinenbau nicht auf der Höhe der Zeit. Von dem berühmten Dampfmaschinenbauer *August Friedrich Holzhausen* (1768 bis 1827) darauf angesprochen, begründete er seine Entscheidung aber mit den in Dürrenberg gegebenen schlechten Arbeitsbedingungen. Er hatte sich zwei Stände im Pferdestall eines Gasthofes als Schmiede einrichten müssen. Für die Arbeit standen ihm nur ein Geselle und ein Lehrling zur Verfügung. Zu den Gußteilen fertigte er die Zeichnungen und Modelle in Dürrenberg an und schickte sie dann zum Eisenwerk Lauchhammer, wo der Guß erfolgte. Ein typisches Beispiel für die Bedingungen des deutschen Maschinenbaus um 1800!

Brendels Tätigkeit als Salinenbeamter fand ein Ende, als Dürrenberg nach den Napoleonischen Kriegen preußisch wurde. Schon vorher war in Freiberg der Oberkunstmeister *Karl Gottfried Baldauf* (1751 bis 1811) gestorben und *Brendel* zum Kunstmeister ernannt worden. Damit trat er *Baldaufs* Nachfolge als oberster Maschinenbeamter des sächsischen Erzbergbaus an.

Hier hatte er ein Tätigkeitsfeld, das in Vielseitigkeit und technischen Aufgabenstellungen dem solch bekannter Techniker seiner Zeit, wie z. B. *Friedrich Wilhelm Harkort* (1793 bis 1880) und *August Borsig* (1804 bis 1854) mindestens gleichkam. Daß sein Name nicht in dem Maße bekannt wurde, liegt nicht in geringerer Leistung, sondern in den Produktionsverhältnissen begründet.

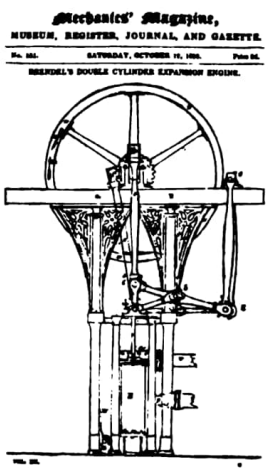
Harkort und *Borsig* waren Unternehmer und Besitzer rein kapitalistischer Maschinenfabriken und mußten für ihre Maschinen Reklame machen. So wurde der Name *Borsig* z. B. mit den von ihm gelieferten Lokomotiven bekannt. *Brendel* hatte im Rahmen des Direktionsprinzips dagegen als Staatsbeamter mit festem Gehalt und Angehöriger der Bergbehörde alle maschinentechnischen Aufgaben für die Gruben des sächsischen Erzbergbaus zu lösen, brauchte also für seine Maschinen keine Reklame zu machen. Seine technischen Leistungen sind deshalb schon zu seiner Zeit weniger bekannt geworden. Um so wichtiger ist es für uns, das technische Werk dieses nicht an den Kapitalismus gebundenen Maschinen-Ingenieurs kennenzulernen. Die Maschinengattung, mit der *Brendels* größte Leistungen verbunden waren, sind die Wassersäulenmaschinen. Das sind Kolbenmaschinen, die durch den



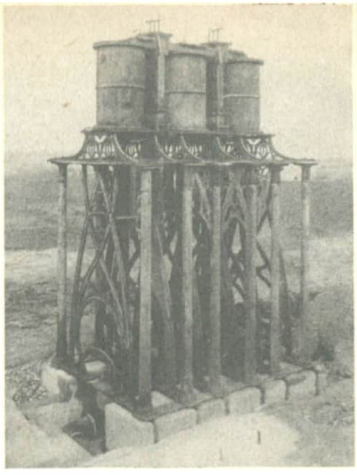
Brendels erste Ideenskizze zur Wassersäulenmaschine der Alten Mordgrube bei Freiberg

Druck einer Wassersäule betrieben werden. Sie waren also überall dort anwendbar, wo man zwischen Wasserzufluß- und abfluß eine hinreichend große Fallhöhe verfügbar hatte. Das war in den Schächten des sächsischen Erzbergbaus der Fall. Hier konnte man über Tage oder durch einen höheren Stolln Wasser an einen Schacht leiten, es in diesem durch eine senkrechte Rohrleitung einer Wassersäulenmaschine zuführen und in dieser arbeiten lassen und schließlich durch einen tieferen Stolln ableiten. Die Leistung einer Wassersäulenmaschine wurde durch die Wassermenge, die Fallhöhe (10 m = etwa 1 at Druck) und durch den Wirkungsgrad bestimmt. Wassersäulenmaschinen arbeiteten mit etwa 7 Spielen pro Minute und trieben die aus zahlreichen Kolbenpumpen bestehenden Kunstgezeuge an, mit denen das den Gruben zufließende Wasser aus 400 m und mehr Tiefe gehoben wurde. Früher hatte man zum Antrieb der Kunstgezeuge Wasserräder benutzt. Da diese aber nur mit maximal 13 m Durchmesser gebaut werden konnten, hatte man bei größeren Fallhöhen mehrere Wasserräder übereinander hängen müssen. Mit einer Wassersäulenmaschine konnte man große Fallhöhen in einer Stufe nutzen und damit Wirkungsgrade bis 80 % erzielen.

Als *Brendel* 1820 für die Grube Reicher Bergsegen bei Brand-Erbisdorf eine Entwässerungsanlage zu projektieren hatte, schlug er eine Wassersäulenmaschine vor und entwickelte dabei auch neue konstruktive Ideen. Das Oberbergamt hatte jedoch noch in Erinnerung, daß die ersten sächsischen Wassersäulenmaschinen um 1780 nicht funktioniert hatten, wollte deshalb kein Risiko eingehen und genehmigte den Bau einer solchen Maschine nur unter der Bedingung, daß *Brendel* eine im österreichischen Bergbau betriebene Wassersäulenmaschine genau nachbaute. Das geschah mit solchem Erfolg, daß *Brendel* für die Konstruktion der nächsten Maschinen völlig freie Hand erhielt. Als er 1820 bis 1824 seine zweite Wassersäulenmaschine (für die Alte Mordgrube bei Freiberg) baute, folgte er deshalb ganz seinen eigenen Konstruktionsideen. Es war eine zweizylindrige Maschine mit „*Brendel*scher Kolbensteuerung". Die Steuerung war an den Wassersäulenmaschinen das konstruktiv komplizierteste Problem und wesentlich schwieriger zu lösen als bei den Dampfmaschinen. Da Dampf komprimierbar ist, kann das Schwungrad einer


Mechanics' Magazine,
MUSEUM, REGISTER, JOURNAL, AND GAZETTE.
BRENDEL'S DOUBLE CYLINDER EXPANSION ENGINE.

Titelblatt einer englischen Technikzeitschrift mit einer Dampfmaschine Brendels



Brendels Zylindergebläse für die Antonshütte bei Schwarzenberg (heute in Freiberg)

Dampfmaschine den Steuervorgang zu Ende führen, auch wenn die Dampfzufuhr durch das Einlaßventil schon gedrosselt oder gestoppt ist. Wasser ist dagegen nicht komprimierbar; eine Wassersäulenmaschine bliebe mitten im Steuervorgang stehen, würde man die Steuerung so einfach wie bei den Dampfmaschinen bauen. Das Problem war nur zu lösen, indem man eine „Hilfssteuerung" einführte. Diese wurde von der Wassersäulenmaschine betätigt und bewegte dann selbsttätig — also unabhängig von der eigentlichen Maschine — die Hauptsteuerung. Die „*Brendel*sche Kolbensteuerung" war eine der berühmtesten Wassersäulenmaschinen-Steuerungen überhaupt. Ihre Hauptsteuerung bestand aus drei mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben verschiedener Fläche, die sich in einem völlig geschlossenen Steuerzylinder bewegten und je nach Stellung das Aufschlagwasser dem einen oder dem anderen Maschinenzylinder zuleiteten. Bewegt wurden die Steuerkolben durch genau berechnete Kraftdifferenzen, die — bei gleichem Wasserdruck — infolge der verschieden großen Steuerkolbenflächen entstanden. Hilfssteuerung war ein doppelt durchbohrter Hahn. Gab dieser dem Wasserdruck den Weg auf den oberen Steuerkolben frei, dann trieb dieser Druck, addiert mit der auf den unteren Kolben wirkenden Kraft, die Steuerkolben nach unten. Wurde der Hahn gedreht, dann wurde das Wasser vom oberen Steuerkolben abgeriegelt, und allein die Wasserkraft-Differenz zwischen dem mittleren und dem unteren Steuerkolben trieb diese nach oben. Damit hing die Bewegung der Steuerkolben nicht von der Maschine direkt, sondern von der Stellung des Hahnes ab. Diesen betätigte ein Hebelmechanismus, der von einem Keil auf einer Kolbenstange der Maschine ausgelöst wurde.
Brendels Kolbensteuerung bewährte sich von Anfang an und wurde noch an zahlreichen weiteren Wassersäulenmaschinen angewandt. Die Wassersäulenmaschine der Alten Mordgrube, von der *Brendels* erste Ideenskizze noch erhalten ist, wurde in Lehrbüchern und in künstlerischen Darstellungen des Bergbaus behandelt.
Nach seiner Dürrenberger Dampfmaschine baute *Brendel* weitere Dampfmaschinen-Anlagen für den Steinkohlenbergbau von Freital bei Dresden und Zwickau und projektierte um 1845 einige Dampfförderanlagen für den Freiberger Erzbergbau. Die dazu notwendigen Dampfmaschinen wurden allerdings von den nun schon leistungs-

fähigen Maschinenfabriken komplett geliefert. Eigene schöpferische Ideen entwickelte *Brendel* vor allem bei der Dampfmaschine, die er 1826 bis 1829 für das 6. Lichtloch des Dresdener Elbstollns projektierte und in der ihm unterstehenden Maschinenbauwerkstatt Halsbrücke bei Freiberg bauen ließ. Da diese Maschine als Fördermaschine genutzt wurde, also schnell und einfach umsteuerbar sein mußte, entwickelte er für sie auch eine besondere Steuerung, die „*Brendel*sche Schiebersteuerung".

Brendel entwarf auch Gebläsemaschinen für die Schmelzöfen der erzgebirgischen Metallhütten, z. B. 1829 bis 1831 das heute noch in Freiberg erhaltene sog. Schwarzenberg-Gebläse für die Antonshütte bei Schwarzenberg. Dieses damals größte Gebläse Sachsens ist ein Zylindergebläse und durch die neugotischen Gestaltungselemente ein interessantes Beispiel des „Architekturstils" in jener frühen Zeit des Maschinenbaus.

Im Freiberger Revier führte *Brendel* 1827 bis 1831 den Erztransport auf Eisenschienenbahnen ein. Es handelte sich dabei zwar um sehr bescheidene Anlagen, doch spielten diese 1837 in den heftigen Diskussionen um den Bau der ersten Eisenbahn-Fernstrecke Dresden—Leipzig eine große, progressive Rolle. Die hier genannten maschinentechnischen Arbeiten sind nur wenige Beispiele aus *Brendels* vielseitigem Schaffen, das sämtliche Gattungen der Bergwerks- und Hüttenmaschinen umfaßte, sich aber auch auf maschinentechnische Gutachten, z. B. für die Elbschiffahrt und Dampfmaschinen für Gewerbebetriebe, erstreckte. In den Beamtenstand des noch halb feudalen Königreiches Sachsen eingeordnet, hat *Brendel* mit seinem Werk zum Fortschritt der Maschinentechnik in Sachsen und damit zur Entwicklung der Produktivkräfte im 19. Jh. wesentlich beigetragen.

Lebensdaten zu Christian Friedrich Brendel

1776	Am 26. Dezember in Neustädtel bei Schneeberg (Erzgebirge) geboren
1790 bis 1797	Bergmann in Schneeberg und Freiberg
1797 bis 1802	Student an der Bergakademie Freiberg
1802 bis 1805	Studienreise in England
1805 bis 1814	Bau der Pumpenanlage des Witzlebenschachtes in Dürrenberg
1808 bis 1811	Bau einer Dampfmaschine für die Saline Dürrenberg
1811	Ernennung zum obersten Maschinenbeamten des sächsischen Bergbaus und Hüttenwesens
1817	Ernennung zum Maschinendirektor
1817 bis 1820	Bau einer Dampfmaschine für die Wasserhebung in der Steinkohlengrube Zauckerode bei Dresden
1816 bis 1847	Bau von vier Wassersäulenmaschinen für die Freiberger Silbererzgruben „Reicher Bergsegen", „Alte Mordgrube", „Segen Gottes" bei Roßwein und „Einigkeit" bei Brand-Erbisdorf
1826 bis 1829	Bau einer Dampfmaschine für das 6. Lichtloch des Dresdener Elbstolln bei Pesterwitz
1826 bis 1837	Bau von drei Zylindergebläsen für sächsische Buntmetallhütten
1827 bis 1831	Bau einer Erzwäsche und Eisenschienenbahn für die „Alte Mordgrube" bei Freiberg

1843 bis 1849	Vorarbeiten für die ersten Dampf-Fördermaschinen im Freiberger Revier sowie auf einigen Lichtlöchern des Rothschönberger Stollns
1846	*Brendel* wird als erster Maschinentechniker Sachsens zum Bergrat ernannt und damit Mitglied des sächsischen Oberbergamts
1851	Eintritt in den Ruhestand
1861	20. November, *Christian Friedrich Brendel* in Freiberg gestorben

Literaturverzeichnis zu Christian Friedrich Brendel

[1] *Brendel, C. F.:* Reisebeschreibung einer Reise nach Nordwestdeutschland und England. — Unveröffentl. Manuskript, Bergakademie Freiberg, 1809.

[2] *Wagenbreth, O.:* Christian Friedrich Brendel und seine Bedeutung für das sächsische Berg- und Hüttenwesen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Habil.-Schrift, Bergakademie Freiberg, 1968.

[3] *Wagenbreth, O.:* Der Maschinendirektor Christian Friedrich Brendel und seine Bedeutung für die technische und industrielle Entwicklung im 19. Jahrhundert in Sachsen. In: Sächsische Heimatblätter, Dresden, 22 (1976) 2, S. 271—279.

[4] *Wagenbreth, O.:* Einige Wechselwirkungen zwischen dem Bergbau, den Montanwissenschaften und den allgemeinen Produktionsverhältnissen Sachsens in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts (Zum 200. Geburtstag des sächsischen Maschinendirektors Christian Friedrich Brendel). In: Neue Bergbautechnik, Leipzig 7 (1977) 3, S. 210—217.

[5] *Wappler, A. F.:* Oberberghauptmann v. Trebra und die drei ersten sächsischen Kunstmeister Mende, Baldauf und Brendel. In: Mitteil. Freiberger Altertumsverein, Freiberg, 41 (1905), S. 69—178.

Wilhelm August Lampadius (1772 bis 1842)

Als dem Jenenser Chemiker *Johann Wolfgang Doebereiner* (1780 bis 1849), der vor allem durch die Erfindung des nach ihm benannten Platinfeuerzeuges bekannt ist, als Wohnung das Hellfeldische Haus mit Garten in Aussicht gestellt wurde, schrieb er an den vorgesetzten Staatsminister *Johann Wolfgang von Goethe* (1749 bis 1832): „Der Garten selbst würde dabei noch Raum genug zu landwirtschaftlich-chemischen Versuchen bieten und so sich zu einer Anstalt verwenden lassen, wie diejenige ist, welche der König von Sachsen dem Prof. Lampadius in Freiberg verliehen hat." [7; S. 33] Mit seinem Hinweis auf die Arbeitsmöglichkeiten des Freiberger Kollegen war sich *Doebereiner* des Wohlwollens seines Ministers und Freundes gewiß, kannte doch *Goethe* nicht nur die wissenschaftlichen Verhältnisse in Freiberg recht gut, sondern *Lampadius* auch persönlich. Die vielfältigen Arbeiten des Professors der Hüttenkunde und Chemie an der Bergakademie Freiberg, *Wilhelm August Lampadius*, zur praktischen Anwendung chemischer Erkenntnisse, schätzte *Goethe* und holte dessen Rat ein, oft auf Vermittlung seines Freiberger Freundes, des Oberberghauptmannes *Heinrich von Trebra* (1740 bis 1819). Dabei standen meist chemische Probleme des Bergbaus und Hüttenwesens im Mittelpunkt.

Mit der industriellen Revolution waren zu den bisherigen Hauptanwendungen der Chemie, Metallurgie und Pharmazie neue Bereiche hinzugekommen. Die Chemie,

Wilhelm August Lampadius

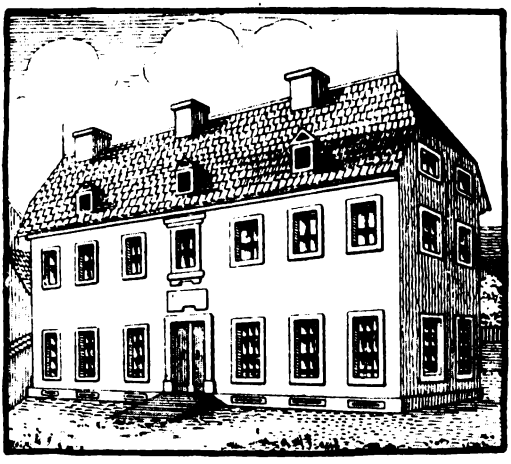
die im 18. Jh. mit der Entwicklung der Phlogistontheorie und der sie ablösenden Verbrennungstheorie sowie der Einführung der Stöchiometrie eine Grundlegung als Wissenschaft erfahren hatte, durchdrang die Technik und das tägliche Leben. In dieser Zeit wirkte *Lampadius*; seine Leistungen sind Ausdruck dieser Entwicklung.

Wilhelm August Lampadius wurde am 8. August 1772 in Hehlen an der Weser geboren. Der Vater, der im Dienste Englands 1777 als Leutnant gegen die nordamerikanischen Kolonien kämpfte, blieb verschollen. Der junge Wilhelm August wuchs bei seinem Onkel, einem Pfarrer, in Boftzen bei Höxter (Weser) auf. Dort wurde sein Interesse für Naturerscheinungen frühzeitig geweckt. 1785 kam *Lampadius* als Lehrling in die Jordansche Ratsapotheke nach Göttingen. Nach Beendigung der Lehre studierte er von 1790 bis 1792 an der Universität Göttingen. Die erst 1737 gegründete Universität genoß bereits einen glänzenden Ruf im In- und Ausland und hatte mit *Georg Christoph Lichtenberg* (1742 bis 1799), *Johann Friedrich Gmelin* (1748 bis 1804) und *Christian Gottlob Heyne* (1729 bis 1812) führende Wissenschaftler der damaligen Zeit in ihrem Lehrkörper. *Lampadius* hörte bei *Lichtenberg* Physik, bei *Gmelin* Chemie, bei *Johann Friedrich Blumenbach* (1752 bis 1840) Naturgeschichte, bei *Johann Beckmann* (1739 bis 1811) Ökonomie und Technologie und bei *Abraham Gotthelf Kästner* (1719 bis 1800) Mathematik. *Lichtenberg* nahm sich des jungen *Lampadius* besonders an und beeinflußte dessen wissenschaftliche Interessen und Auffassungen. *Lampadius'* Einsatz für die Verbrennungstheorie *Antoine-Laurent Lavoisiers* (1743 bis 1794) sowie das lebenslange Interesse an der Meteorologie sind von *Lichtenberg* initiiert worden. Der Wunsch, „die Chemie für das gemeine Leben nützlich zu bearbeiten" [5; S. 135], geht wohl auf den Einfluß von *Beckmann* und *Gmelin* zurück. *Lichtenberg* hat sich auch um den wissenschaftlichen Werdegang seines Schützlings gekümmert. Er verschaffte ihm eine Anstellung bei *Joachim Graf von Sternberg* (1755 bis 1808) und stellte ihm das beste Zeugnis aus: „Er ... ist gantz für Naturlehre und Chemie geboren, und überhaupt von einem Fleiß und einer Thätigkeit, dergleichen ich bei meinem langen akademischen Leben noch selten bei einem jungen Menschen angetroffen habe." [8; S. 837]

Georg Christoph Lichtenberg

Sternberg war Physiker und Mineraloge und hatte in Böhmen Besitzungen. Eine Reise *Lampadius'* mit dem Grafen nach Rußland bot die Gelegenheit, neue Erkenntnisse zu sammeln. So lernte *Lampadius* das wissenschaftliche Leben in St. Petersburg kennen, wobei ihn die Arbeiten des Chemikers *Tobias Lowitz* (1757 bis 1804), insbesondere zur Adsorption, nachhaltig beeinflußten. Nach einer kurzen Tätigkeit im Eisenwerk Radnitz in Böhmen wurde *Lampadius* 1794 zum außerordentlichen Professor der metallurgischen Chemie an der Bergakademie Freiberg und zum Chemiker beim Oberhüttenamt berufen. 1796 wurde er Ordinarius für Chemie und Hüttenkunde sowie Assessor beim Oberhüttenamt. Mit seiner Berufung nach Freiberg erhielt der 22jährige *Lampadius* ein glänzendes Wirkungsfeld als Chemiker, stand doch die Bergakademie als erste technische Hochschule der Welt auf dem Glanzpunkt ihrer Entwicklung, wozu *Abraham Gottlob Werner* (1749 bis 1817) als bedeutendster Geologe und Mineraloge seiner Zeit wesentlich beitrug, der von nun an *Lampadius'* fördernder Kollege war. Teilweise jedoch sollten seinen vielfältigen Interessen die Pflichten eines Ordinarius und Assessors zu eng werden.

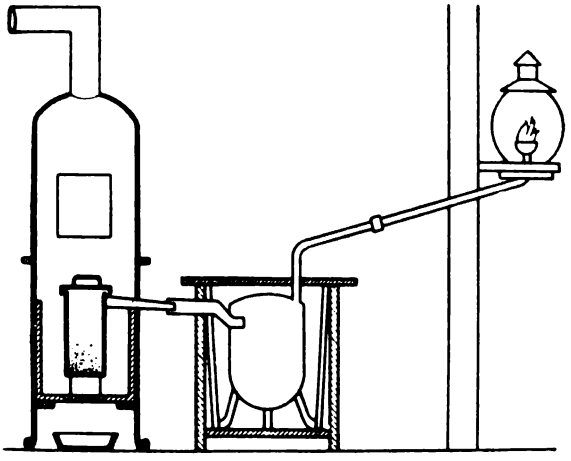
Zunächst jedoch vollbrachte *Lampadius* bemerkenswerte Leistungen auf wissenschaftlichem und wissenschaftlich-organisatorischem Gebiet. 1796 entdeckte er das Kohlenstoffdisulfid, den „Schwefelalkohol", wie er es nannte. Mit der Errichtung eines eigenständigen chemischen Laborgebäudes, dem ersten seiner Art in der Welt, schuf er dreißig Jahre vor *Justus v. Liebig* (1803 bis 1873) eine praktische Ausbildungsstätte für den chemischen Hochschulunterricht. *Lampadius'* Laboratorium war die Bildungsstätte vor allem der Hüttenleute. Für diese richtete er seinen chemisch-analytischen Kursus ein, der auf die Anwendung der Analyse im Berg- und Hüttenwesen gerichtet war. Seine Erfahrungen darüber legte er in seinem „Handbuch zur chemischen Analyse der Mineralkörper" (1801) nieder, dem ersten Handbuch der analytischen Chemie, in dem er auch die Bezeichnung dieser Teildisziplin der Chemie einführte. Mit dem „Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde" (1801 bis 1810) versuchte *Lampadius*, die Kenntnisse in dem Fach, das er an der Bergakademie vertrat, zusammenfassend darzustellen. Dabei kam ihm besonders



Lampadius' Laboratorium
an der
Bergakademie Freiberg

seine Beschäftigung mit der Verhüttung der Eisenerze und der Silbergewinnung nach dem Amalgamierverfahren entgegen. Das „Handbuch" stellt einen wichtigen Beitrag zur wissenschaftlichen Durchdringung der Hüttenkunde vom Standpunkt der Chemie dar, erfuhr eine zweite Auflage und wurde durch weitere Schriften ergänzt. Eine weitere Leistung *Lampadius'* war seine Vorlesung über „Chemische Technologie und Ökonomie", die er ab 1798 teilweise auch außerhalb des akademischen Unterrichts hielt, um einer Reihe von Praktikern den Besuch zu ermöglichen. Am 2. 1. 1800 verkündete *Lampadius* in den „Freiberger Gemeinnützigen Nachrichten" als Grundsatz seiner Tätigkeit: „Soll die Chemie also nützlich angewendet werden, so muß der Chemiker aus seinem Laboratorio, wo er im kleinen arbeitet, in die Fabriken und Manufakturen übergehen, um dort Anwendung zu machen, die Wissenschaft muß den Praktikern populär vorgetragen werden." [11; S. 6] Während er letzteres durch die genannte Vorlesung, deren Inhalt er in zwei Büchern („Grundriß der technischen Chemie", 1815; „Experimente über die technische Chemie", 1815) zusammenfaßte, und seine „Chemischen Briefe für Frauenzimmer von Bildung und Häuslichkeit" (1817) bewerkstelligte, die ebenfalls aus populären Vorträgen hervorgegangen waren und die einen Vorläufer der „Chemischen Briefe" *J. v. Liebigs* darstellen, führte er den Übergang chemischer Verfahren vom Labor in die Praxis selbst vor.

Ein Beispiel dafür sind seine Arbeiten zur Rübenzuckerherstellung. *Lampadius* hat sich gleichzeitig mit *Franz Carl Achard* (1753 bis 1821), der als Schüler von *Andreas Sigismund Marggraf* (1709 bis 1782) dessen Auffindung des Zuckers in der Runkelrübe praktisch nutzen wollte, mit der technischen Gewinnung von Zucker aus Rüben beschäftigt. Nach ersten Laboruntersuchungen stellte *Lampadius* ab 1800 praktische Versuche zuerst in Kleinwaltersdorf bei Freiberg und später in Bottendorf bei Roßleben an. Dabei strebte er nicht nur die beste Gewinnung des Zuckers, sondern auch einen erhöhten Zuckergehalt in den Rüben an, was zu landwirtschaftlichen Versuchen Anlaß gab. Dazu nahm er bereits 1793 unternommene Düngungsversuche mit mineralischen Stoffen wieder auf, wobei er auch Nebenprodukte der Hüttenprozesse einsetzte. Ferner wurden in die Versuche die Auswertungen seiner me-



Modell
einer
Gasbeleuchtungsanlage

teorologischen Beobachtungen einbezogen, die er in Freiberg ständig ausführte und deren allgemeine Grundlagen er publizierte. [3] Die Bemühungen um die technische Einführung der Rübenzuckergewinnung [4] fanden 1803 ihr Ende, da die Fabrik in Bottendorf Bankrott machte, obwohl *Lampadius* stets ökonomische Berechnungen bei seinen Versuchen angestellt hatte. [5] Dennoch blieb er von der technischen Möglichkeit der Rübenzuckergewinnung überzeugt, erkannte allerdings, „wie wenig in Deutschland auf die Ausführung großer Unternehmungen zu rechnen sey". [5; S. 253] Diese Erkenntnis hielt ihn von weiteren Bemühungen zur Rübenzuckergewinnung ab, doch kehrte er um 1812 noch einmal zur Zuckerherstellung zurück. Die von *Napoleon I.* (1769 bis 1821) verhängte Kontinentalsperre zwang dazu, importierte Produkte wie Zucker und Kaffee durch einheimische Erzeugnisse zu ersetzen. Basierend auf der Entdeckung des Petersburger, aus Teterow stammenden Apothekers *Gottlieb Sigismund Kirchhoff* (1764 bis 1833), der die Bildung von Zucker bei der Säurehydrolyse von Stärke fand, stellte *Lampadius* „Stärkezucker" [6] her, wobei seine Vorschriften nur für den Hausgebrauch gedacht waren. *Doebereiner* bemühte sich in Tiefurt bei Weimar erfolglos um die technische Nutzung dieses Verfahrens.

Eine industrielle Entwicklung ging aus *Lampadius'* Arbeiten zur Gasbeleuchtung hervor. Seine frühzeitig begonnenen Untersuchungen der Steinkohle führten ihn zur Nutzung der Kohlengase auch für Beleuchtungszwecke. Nach ersten Versuchen 1799 begann *Lampadius* im Winter 1811/12 an seinem Haus in Freiberg eine Gasbeleuchtung anzubringen. Die günstigen Erfahrungen mit dieser Anlage führten zu dem Auftrag, im Amalgamierwerk Halsbrücke bei Freiberg eine größere Gasbeleuchtung einzurichten. Es war die erste außerhalb Englands. Sie ging 1816 in Betrieb.

Im gleichen Jahr hat *Lampadius* die deutsche Ausgabe der „Praktischen Abhandlung über das Gaslicht" von *Friedrich Accum* (1769 bis 1838) herausgegeben, wobei er eigene Erfahrungen und einen Bericht über die Anlage in Halsbrücke einfügte. *Accum* lebte zu jener Zeit in London und hat in seiner Schrift den neuesten Stand der Gastechnik in England dargestellt.

Rudolf Sigismund Blochmann

Die Einführung der Gasbeleuchtung in Halsbrücke und die Herausgabe der *Accum*schen Schrift führten in Dresden zu Bemühungen, die in der Errichtung der ersten Gasanstalt Deutschlands ohne ausländische Hilfe durch *Rudolf Sigismund Blochmann* (1784 bis 1871) gipfelten. *Lampadius* hat durch Gutachten zunächst noch an den Vorarbeiten teilgenommen, doch ist die technische Lösung des Problems *Blochmanns* Leistung. Letzterer spielte auch eine führende Rolle bei der Vorbereitung und Gründung der „Technischen Lehranstalt" zu Dresden (1828), aus der die heutige Technische Universität Dresden hervorgegangen ist.

Blochmann wurde 1818 als Inspektor des „Mathematisch-Physikalischen Salons" nach Dresden berufen. Hier gründete er ein eigenes „mechanisches Atelier". 1828 wurde in Dresden die von ihm errichtete Gasanstalt eröffnet, nach deren Muster weitere Gaswerke in Deutschland gebaut wurden.

Lampadius' Verdienst ist es, diese Entwicklung einer Gasindustrie entscheidend gefördert zu haben.

Die Palette der wissenschaftlichen Arbeiten von *Lampadius* ist damit keineswegs erschöpft. Seine Versuche zur künstlichen Düngung, die keine größere praktische Anwendung fanden, stellte *Lampadius* in der Schrift „Die Lehre von den künstlichen Düngemitteln" (1833) zusammen, die vor allem die Bereitung und Anwendung der Düngemittel betont. Von seinen weiteren Arbeiten, die die Breite seines Wirkens verdeutlichen, seien sein „Grundriß der Elektrochemie" (1817), des ersten Lehrbuches der Elektrochemie, der Einsatz chemischer Mittel zu vorbeugendem Brandschutz, die Entwicklung der geteerten Dachpappe und zahlreiche Untersuchungen von Mineralwässern genannt.

Lampadius, der in einem Nachruf als Anhänger der *Kant*schen Philosophie und der Französischen Revolution bezeichnet wird, hat sich stets als Empiriker verstanden und der experimentellen Arbeit und deren Ergebnissen gegenüber theoretischen Spekulationen den Vorzug gegeben. Er lehnte daher die romantische Naturphilosophie und deren Auswirkungen auf die Naturwissenschaften entschieden ab. Unter den Physikern jener Zeit galt *Johann Wilhelm Ritter* (1776 bis 1810) neben *Hans Christian Oersted* (1777 bis 1851) als Hauptvertreter der romantischen

Naturphilosophie. *Lampadius*, der *Ritters* Arbeiten vor allem auf dem Gebiet der Elektrochemie verfolgte, verhielt sich zu dessen Spekulationen zurückhaltend. [5, Vorrede]

Als *Lampadius* am 13. April 1842 in Freiberg starb, hinterließ er ein umfangreiches Werk, dessen besondere Betonung auf dem Gebiet der angewandten Chemie lag.

Lebensdaten zu Wilhelm August Lampadius

1772	Am 8. August in Hehlen an der Weser geboren
1785 bis 1790	Apothekerlehre in Göttingen
1790 bis 1792	Studium an der Universität Göttingen
1792 bis 1793	Reise nach St. Petersburg und Moskau
1794	Außerordentlicher Professor für metallurgische Chemie an der Bergakademie Freiberg und Chemiker beim Oberhüttenamt
1796	Ordentlicher Professor für Chemie und Hüttenwesen an der Bergakademie Freiberg und Assessor beim Oberhüttenamt
1796	Entdeckung des Schwefelkohlenstoffs
1797	Eröffnung des neuerrichteten chemischen Laboratoriums der Bergakademie
1799 bis 1803	Versuche zur technischen Rübenzuckergewinnung
1801	„Handbuch zur chemischen Analyse der Mineralkörper"; Beginn des Erscheinens des „Handbuches der allgemeinen Hüttenkunde"
1816	Errichtung der ersten Gasbeleuchtungsanlage außerhalb Englands
1833	„Die Lehre von den mineralischen Düngemitteln"
1842	Am 13. April in Freiberg gestorben

Literaturverzeichnis zu Wilhelm August Lampadius

[1] *Lampadius, W. A.:* Handbuch zur chemischen Analyse der Mineralkörper. Freiberg 1801.

[2] *Lampadius, W. A.:* Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde. 2 Bde. (2. Bd. in vier Teilen), Göttingen 1801—1810; 2. Aufl. 2. Bd. in fünf Teilen, 1817.

[3] *Lampadius, W. A.:* Systematischer Grundriß der Atmosphärologie. Freiberg 1806; Beiträge zur Atmosphärologie. Freiberg 1817.

[4] *Lampadius, W. A.:* Erfahrungen über den Runkelrübenzucker nebst ... und Vorschlägen über die Fabrikation desselben im Großen, sowie über den Anbau der Runkelrüben. Freiberg 1800.

[5] *Lampadius, W. A.:* Beiträge zur Erweiterung der Chemie und deren Anwendung auf Hüttenwesen, Fabriken und Ackerbau. Bd. 1, Freiberg 1804.

[6] *Lampadius, W. A.:* Stärckenzucker und Kastanienkaffee. Sucre d' Amidon et Café de Chataigne (Übers. F. X. de Verrette), Freiberg 1812.

[7] Briefwechsel zwischen Goethe und Johann Wolfgang Doebereiner. Hrsg. von J. Schiff, Weimar 1914.

[8] *Lichtenberg, G. C.:* Schriften und Briefe. Bd. 4. Hrsg. von W. Pronies, München 1967.

[9] *Schiffner, C.:* Wilhelm August Lampadius. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, **12** (1922), S. 40–50.

[10] *Richter, J.:* Lampadius und Freiberg. Freibergs Hüttenwesen im Zeitalter der industriellen Revolution (Veröff. des Wissenschaftlichen Informationszentrums der Bergakademie Freiberg Nr. 54), Freiberg 1972.

[11] Freiberger Gemeinnützige Nachrichten, 2. Jan. 1800.

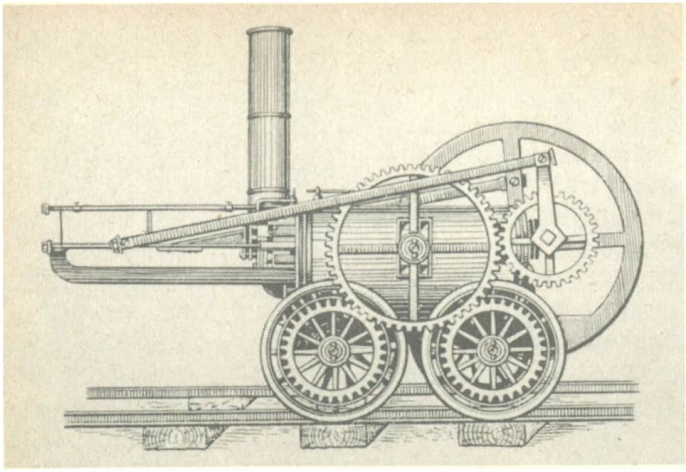
George Stephenson

George Stephenson (1781 bis 1848) und Robert Stephenson (1803 bis 1859)

Der Nutzen, den der Einsatz der Dampfmaschine bzw. dampfgetriebener Maschinerien in der Produktion brachte, war erst mit einem adäquaten Transportwesen zu sichern. Ähnlich, wie *James Watt* (1736 bis 1819) die Dampfmaschine auf einen Entwicklungsstand brachte, der ihren effektiven Einsatz ermöglichte, hat *George Stephenson* der Lokomotive zum Durchbruch verholfen und gemeinsam mit seinem Sohn *Robert* den Lokomotivbau und die Eisenbahn als Transportmittel auf eine Entwicklungsstufe gehoben, die ihre schnelle Ausbreitung und Anwendung möglich machte. Der legendäre Sieg der *Stephenson*schen Lokomotive im Lokomotivrennen zu Rainhill von 1829 führte dazu, *George Stephenson* landläufig sogar als Erfinder der Lokomotive anzusehen. *Stephenson* war aber bis dahin nur einer unter mehreren Technikern, die sich mehr oder weniger erfolgreich mit der Konstruktion und dem Bau von Lokomotiven befaßten.

Als Erfinder der Dampflokomotive ist *Richard Trevithick* (1771 bis 1833) anzusehen, ein vielseitiger Ingenieur aus dem Bergwerksrevier um Cornwall, der im Jahre 1799 die Hochdruckdampfmaschine entwickelte, was ihm Patentstreitigkeiten mit der Firma „Boulton & Watt" einbrachte (bis 1800 das *Watt*sche Patent erlosch). In Anlehnung an die Dampfwagen von *Nicolas-Joseph Cugnot* (1725 bis 1804) und *William Murdock* (1754 bis 1839) konstruierte *Trevithick* 1804 anläßlich einer Wette die erste Lokomotive (die durch eine Hochdruckdampfmaschine erst möglich wurde, denn die *Watt*sche Niederdruckdampfmaschine war viel zu groß und schwerfällig). Sie bestand ihre Bewährungsprobe, aber die gußeisernen Schienen hielten die Last nicht aus und platzten. Wegen vieler anderer Projekte befaßte sich *Trevithick* zunächst nicht weiter mit seiner Erfindung.

In Englands Kohle- und Erzgruben wurden schon seit langem als Transportmittel Waggons auf Schienen (meist Holz- oder Eisenrinnen) benutzt, die von Pferden gezogen wurden. Die Kontinentalsperre infolge der Napoleonischen Kriege führte zu einer Futterknappheit für die Zugpferde, und man suchte nach Möglichkeiten,



Schema der ersten Lokomotive von Trevithick

an ihrer Stelle andere Zugmittel einzusetzen. Um 1800 hatte man vereinzelt stationäre Dampfmaschinen als Winden einzusetzen begonnen, um die Waggons zu ziehen. Verschiedene Erfinder bemühten sich nun darum, *Trevithicks* Lokomotive dafür weiterzuentwickeln. Eine der bekanntesten wurde die 1813 von dem auf der Wylam-Kohlengrube tätigen Ingenieur *William Hedley* (1779 bis 1843) gebaute „Puffing Billy". Wichtig war in der Anfangszeit des Lokomotivbaus die Erkenntnis der physikalisch noch nicht geklärten Tatsache der ausreichenden Radreibung auf der Schiene. *Hedley* hatte — wie vor ihm bereits *Trevithick* — diese vorausgesetzt, während andere Erfinder nicht daran glaubten und sinnreiche Zahnrad- oder Abstoßvorrichtungen konstruierten. *G. Stephenson*, damals auf einer Grube in Killingworth tätig, hatte alle diese Entwicklungen aufmerksam verfolgt und baute 1814 im Auftrage des Grubenbesitzers ebenfalls eine solche Lokomotive, „Mylord" oder auch „Blücher" (nach dem gerade populären preußischen Feldmarschall *Gebhard Leberecht von Blücher*, 1742 bis 1819) genannt, die in ihrer Qualität keinesfalls besser war als die anderen.

George Stephenson wurde am 8. Juni 1781 im Bergmannsdorf Wylam im nordenglischen Kohlenrevier um Newcastle on Tyne als zweites von sechs Kindern geboren. Sein Vater war Kohlenarbeiter mit einem kargen Wochenlohn. Auch die Kinder mußten zum Verdienst der Familie beitragen, und ein Schulbesuch war nicht möglich. So arbeitete der Knabe frühzeitig als Hütejunge, bald aber auf der Kohlengrube als Treiber der Göpelpferde, Kohlenausleser usw. Mit 14 Jahren wurde er Heizergehilfe an der Dampfmaschine, an der auch sein Vater arbeitete.

Stephenson interessierte sich dafür, wie „seine" Maschine funktioniert, half beim Reinigen und Reparieren. Bald lernte er, sie zu bedienen, stieg zum Heizer und sogar zum Aufseher einer Wasserhebemaschine auf — d. h., er war für ihr Funktionieren verantwortlich. Jetzt verdiente er immerhin so viel Geld, daß er davon auch Schulunterricht bezahlen konnte, und so lernte er mit 18 Jahren auf einer Abendschule lesen, schreiben und rechnen.

Auf einer anderen Kohlengrube wurde *Stephenson* 1801 Bremser, d. h., er mußte die Fördermaschine in dem Moment anhalten, wenn der Förderkorb den Gruben-

rand erreichte. Dies war bereits eine sehr verantwortungsvolle Aufgabe. Von Wissensdrang getrieben, versuchte er wieder, den Mechanismus „seiner" Maschine genauer kennenzulernen, baute sie in Stillstandszeiten auseinander und wieder zusammen. In Nachtschichten verdiente er sich zusätzliches Geld als Flickschuster und Schneider.

Im Jahre 1802 heiratete er eine Dienstmagd, und am 16. Oktober 1803 wurde sein Sohn *Robert* in der Bergarbeitersiedlung Willington bei Newcastle geboren. Die Mutter starb bereits zwei Jahre später, und der junge *Robert* wurde von einer Schwester *Stephensons* betreut (*G. Stephenson* heiratete später noch zweimal).

G. Stephenson wollte seinem Sohn eine Ausbildung zukommen lassen und suchte deshalb nach einer besser bezahlten Arbeit. Zugleich qualifizierte er sich in der Bedienung der Dampfmaschinen. Als es ihm gelang, auf einer Grube bei Killingsworth eine Dampfmaschine in Betrieb zu nehmen, mit der keiner der Ingenieure zurechtkam, stellte man ihn als Maschinenmeister für die ganze Grube ein.

G. Stephensons finanzielle Lage hatte sich nun so gebessert, daß er seinen Sohn 1815 bis 1819 auf eine höhere Schule nach Newcastle schicken konnte. Abends versuchte sich auch der Vater an den Schulaufgaben seines Sohnes. Dies war der Grundstein für spätere gemeinsame Konstruktionsarbeiten.

George Stephenson erkannte bald, daß es nicht nur darauf ankam, die stationären technischen Anlagen in den Gruben zu verbessern, sondern ebenfalls den Transport auf den Grubenbahnen. Vermutlich machte er in jener Zeit auch die Bekanntschaft von *Trevithick*, der seit 1810 wieder im Cornwall-Revier tätig war. Mit finanzieller Unterstützung des Hauptbesitzers der Killingworth-Gruben, *Lord Ravensworth* (1775 bis 1855), begann *Stephenson* in den Werkstätten der Gruben mit dem Bau einer Lokomotive, der bereits erwähnten „Mylord" von 1814. Der Kessel hatte nur ein durchgehendes Flammrohr, der Dampf trat aus den Zylindern direkt ins Freie, der Antrieb erfolgte über eine Zahnradübersetzung. Die Lokomotive konnte 16 Kohlenwagen mit einer Geschwindigkeit von etwa 6 km/h ziehen.

Im Laufe der nächsten 10 Jahre baute *Stephenson* etwa 14 Lokomotiven, die auf umliegenden Kohlengruben Einsatz fanden. Immer wieder probierte er dabei kleine Verbesserungen aus.

Bekannter wurde *Stephenson* in dieser Zeit durch eine andere Erfindung. Durch mehrere Bergwerksunglücke war er auf das Problem der schlagenden Wetter aufmerksam geworden. Während sich einige Grubenbesitzer an den damals berühmtesten englischen Wissenschaftler *Sir Humphry Davy* (1778 bis 1829) um Hilfe wandten, experimentierte *G. Stephenson* ohne Kenntnis chemischer Zusammenhänge an einer Sicherheitslampe für die Bergleute. Im Herbst 1815 stellten beide ihre nach dem gleichen Prinzip arbeitenden Lampen vor. Zwischen *Davy* und *Stephenson* ergab sich daraus ein unschöner Prioritätsstreit, denn der Gelehrte fühlte sich dadurch gekränkt, daß ein ungelernter Maschinist die gleiche Idee gehabt haben sollte.

Robert Stephenson hatte nach seinem Schulabschluß mehrere Jahre in Bergwerken praktische Erfahrungen an technischen Einrichtungen gesammelt und besuchte dann für ein knappes Jahr die Universität in Edinburgh. 1824 ging er nach Kolumbien, um weitere Erfahrungen beim Neuaufschluß von Silberbergwerken zu sammeln. Zudem erhoffte er wohl auch einen guten Verdienst.

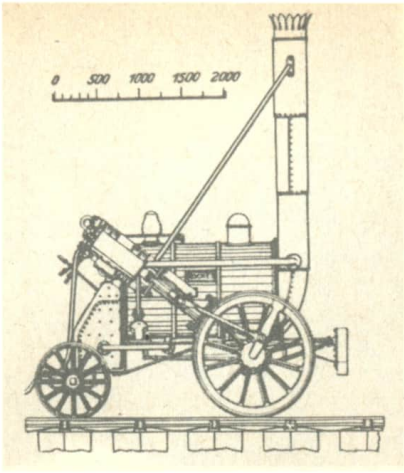
Für *George Stephenson* stellte sich ein erster größerer Erfolg ein, als er zwischen 1819 und 1822 beauftragt war, die Hetton-Grubenbahn in der Nähe von Sunderland auf Dampfbetrieb umzustellen und die Lokomotiven dafür zu bauen. Auf der etwa 12 km langen Strecke gelang ihm eine geschickte wirtschaftliche Kopplung von Antriebsarten: auf ebener Strecke wurden die Kohlenzüge von Lokomotiven gezogen, stationäre Dampfmaschinen zogen sie an den zwei vorhandenen Steigungen hoch, während die beladenen Wagen beim Abwärtsrollen die leeren hochzogen.

Der Erfolg brachte einen neuen Auftrag. Zur Erschließung der Kohlenschätze im Bishop-Auckland-Tal in der Grafschaft Durham sollte eine etwa 40 km lange Eisenbahn zur Stadt Stockton am schiffbaren Fluß Tees gebaut werden. *Stephenson* konnte den Unternehmer *Edward Pease* (1767 bis 1858) davon überzeugen, die Bahn anstatt für Pferdebetrieb mit Lokomotiven auszurüsten. Gemeinsam entschlossen sie sich, in Newcastle eine Fabrik für den Bau von Lokomotiven zu errichten. *G. Stephenson* hatte erkannt, daß er leistungsfähige Lokomotiven nicht einfach in einer beliebigen Maschinenwerkstatt bauen könne, sondern dazu ein qualifizierter Facharbeiterstamm vorhanden sein müsse. 1823 nahm die erste Lokomotivfabrik der Welt, die auf den Namen *Robert Stephenson* eingetragen wurde, die Fertigung auf.

Die Stockton—Darlington-Bahn wurde am 27. September 1825 eröffnet. *Stephenson* hatte die Verwendung schmiedeeisener Schienen empfohlen. Erstmals wurden auch Personen befördert. Als neue Lokomotive kam die „Locomotion" zum Einsatz. Wesentliche Verbesserungen (einzeln waren sie schon vorher verwendet worden) waren hierbei die Kuppelstange zwischen den beiden Rädern (so daß die Antriebskraft auf beide Achsen übertragen wurde) und das „Blasrohr" (der Dampf bläst in den Schornstein aus, wodurch ein starker, die Verbrennung und damit die Hitzeentwicklung fördernder Luftzug entsteht). Mit der „Locomotion" wurden Geschwindigkeiten bis zu 25 km/h erreicht.

Der Erfolg der Stockton—Darlington-Bahn bewirkte einerseits das Entstehen neuer Eisenbahnprojekte, andererseits erblickten Kanalgesellschaften, Fuhrunternehmer u. a. darin eine unliebsame Konkurrenz, die es mit allen Mitteln zu bekämpfen galt. Gegen allen Widerstand gelang es aber den Verfechtern des damals bedeutendsten Projektes einer Eisenbahnverbindung zwischen der Hafenstadt Liverpool und der Industriestadt Manchester, ihren Plan im englischen Parlament durchzusetzen. *G. Stephenson* wurde zum Oberbauleiter berufen. Die Strecke sollte völlig eben ausgeführt werden. Es waren Brücken und Tunnel anzulegen, ein Sumpfgebiet mußte durchquert werden. 1826 begannen die Arbeiten. Viele angesehene Ingenieure des Landes versuchten immer wieder zu beweisen, daß die Überquerung des Sumpfes unmöglich, der Einsatz von Lokomotiven gefährlich sei und dgl. m. *Stephenson* konnte dagegen stets nur seine Überzeugung setzen, daß sein Vorhaben erfolgreich sein würde.

Noch war nicht endgültig entschieden, ob wirklich Lokomotiven als Zugmittel eingesetzt werden sollten. Schließlich einigten sich die Unternehmer auf ein Preisausschreiben; sollte dabei eine Lokomotive die gestellten Bedingungen erfüllen, würde man sie einsetzen. Für Anfang Oktober 1829 wurde die Wettfahrt auf einem 3 km langen Streckenabschnitt bei Rainhill vorgesehen.



„Rocket" (Rakete)
von G. Stephenson

Fünf Lokomotiven nahmen an diesem wohl berühmtesten Wettbewerb der Technikgeschichte teil. Den Sieg trug die Lokomotive „Rocket" aus der Lokomotivfabrik *Stephenson* davon; sie war die einzige zuverlässig funktionierende.

Robert Stephenson war 1827 aus Amerika zurückgekehrt und hatte die „Rocket" gemeinsam mit seinem Vater konstruiert. Die wesentlichste Verbesserung an dieser Lokomotive ging allerdings nicht auf die *Stephensons*, sondern auf den Sekretär der Bahngesellschaft *Henry Booth* (1788 bis 1869) zurück: der Flammrohrkessel, in dem die Heizfläche dadurch vergrößert wurde, daß die Heizgase in 25 Kupferrohren durch das Kesselwasser geführt wurden. Die „Rocket" vereinigte — mit den früher erwähnten Verbesserungen — nun alle entscheidenden technischen Elemente der modernen Dampflokomotive; sie konnte eine Geschwindigkeit von nahezu 50 km/h erreichen. Am 15. September 1830 wurde die etwa 50 km lange Bahnlinie Liverpool—Manchester durch den englischen Premierminister *Arthur Wellington* (1769 bis 1852) eröffnet. Mit ihr begann das eigentliche Zeitalter der Lokomotive und der Eisenbahn überhaupt. In den Jahren 1830/31 verließen 26 Lokomotiven die Lokomotivfabrik „Robert Stephenson & Co.". Mit der „Patentee" von 1832 entwickelte *R. Stephenson* die klassische Personenzuglokomotive (Achsfolge 1A1) und mit der „Samson" (B1) die klassische Güterzuglokomotive.

In den folgenden Jahren waren Vater und Sohn *Stephenson* bei fast allen größeren Eisenbahnunternehmen Englands und des europäischen Kontinents beteiligt. Sie vermaßen die Streckenführung, leiteten die Bauausführungen, lieferten die Lokomotiven (auch die auf der ersten deutschen Eisenbahnlinie von Nürnberg nach Fürth 1835 eingesetzte Lokomotive „Adler" hat die Firma *Stephenson* geliefert). *R. Stephenson* avancierte zum bedeutendsten Eisenbahningenieur und wurde auch als Erbauer großer Brücken berühmt (so z. B. der „Britannia Bridge" in der Meerenge von Menai in Wales oder der „Victoria-Bridge" über den St.-Lawrence-Strom in Kanada). Anläßlich der Pariser Weltausstellung von 1855 erhielt er für diese Leistungen die Große Goldene Medaille.

G. Stephenson zog sich nach 1840 etwas aus dem Eisenbahngeschäft zurück, erwarb einige Kohlen- und Kalksteingruben, widmete sich auf seinem Landsitz Tapton

House bei Chesterfield der Gemüse- und Tierzucht (besonders stolz war er auf seine gerade gewachsenen Gurken). Vom ungelernten Maschinenarbeiter war er zum erfolgreichen Eisenbahningenieur und kapitalistischen Unternehmer aufgestiegen. Ein so steiler und kontinuierlicher Aufstieg war selbst für die Zeit des aufstrebenden Kapitalismus unüblich und vielen subjektiven und objektiven Bedingungen zu danken. Der berechtigte Stolz, den *G. Stephenson* selbst über diese persönliche Entwicklung empfinden konnte, ließ ihn beispielsweise die angebotene Erhebung in den Adelsstand ausschlagen. Auch aus anderen hohen Ehrungen machten Vater und Sohn wenig Aufhebens. *George Stephenson* verstarb am 12. August 1848 auf seinem Landsitz. Er erhielt sein Grab neben dem von *J. Watt* in der Westminsterabtei als einer der Großen des Landes. *Robert Stephenson* starb elf Jahre später, am 12. Oktober 1859 in London, nachdem er noch kurz zuvor die norwegische Staatsbahn mit eingeweiht hatte.

Lebensdaten zu George und Robert Stephenson

1781	Am 8. Juni wird *G. Stephenson* in Wylam bei Newcastle geboren
1795	Heizergehilfe auf einer Kohlengrube
1800	*G. Stephenson* lernt auf einer Abendschule Schreiben und Rechnen
1801	Bremser an einer Fördermaschine
1803	Am 16. Oktober wird *Georges* Sohn *Robert* in Willington geboren
1805	Umsiedlung nach Killingworth, wo *G. Stephenson* später Maschinenmeister wird
1814	*G. Stephenson* baut seine erste Lokomotive „Blücher"
1815	Erfindung der Gruben-Sicherheitslampe
1819 bis 1822	Bau der Hetton-Grubenbahn
1822 bis 1823	*R. Stephenson* besucht die Universität Edinburgh
1822 bis 1825	Bau der Stockton—Darlington-Bahn
1823	Gründung der Lokomotivfabrik „Robert Stephenson & Co" in Newcastle
1824	Bau und erfolgreicher Einsatz der „Locomotion"
1824 bis 1827	*R. Stephenson* arbeitet in Bergwerken in Kolumbien
1825 bis 1830	Bau der Liverpool—Manchester-Bahn
1829	Sieg der „Rocket" beim Lokomotivwettrennen von Rainhill
1840	*G. Stephenson* zieht sich aus dem Eisenbahngeschäft zurück
1848	Am 12. August stirbt *G. Stephenson* in Tapton House
1850	Einweihung der von *R. Stephenson* gebauten „Britannia Bridge"
1859	Am 12. Oktober stirbt *R. Stephenson* in London

Literaturverzeichnis zu George und Robert Stephenson

[1] *Biedenkapp, G.:* George Stephenson und die Vorgeschichte der Eisenbahnen. Stuttgart 1913.

[2] *Leuschner, F.:* Robert Stephenson. In: Technische Gemeinschaft, Berlin 3 (1960) 1, S. 29.

[3] *Matschoß, C.:* Grosse Ingenieure, 4. Aufl., München 1954, S. 146—161.

[4] *Mette, Th.:* Pioniere des Eisenbahnwesens — George Stephenson. In: Eisenbahn-Jahrbuch 1972. Berlin 1972, S. 151—157.

[5] *Rolt, L. T. C.:* The Railway Revolution. George and Robert Stephenson. New York 1962.

Ernst Alban

Ernst Alban (1791 bis 1856)

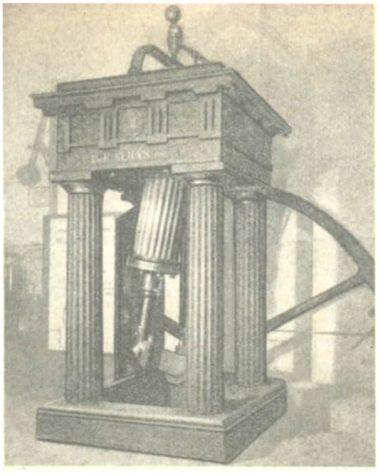
Ernst Alban gehört zu jenen technisch begabten und wissenschaftlich vorgebildeten Männern, welche die industrielle Revolution in Deutschland initiierten und den Durchbruch zu eigenständigen deutschen Entwicklungen ermöglichten. *Alban* gelang die neuartige Konstruktion und Fertigung landwirtschaftlicher Geräte und Maschinen, er baute Textil- und Holzbearbeitungsmaschinen, Fahrräder, Flugmaschinen und Raddampfer. Vor allem wurde er durch seine Arbeiten auf dem Gebiet des Hochdruckdampfmaschinen- und Wasserrohrkesselbaues zu einem Pionier der Hochdruckdampfnutzung und der deutschen Dampfmaschinenentwicklung. *Alban* war einer der hervorragenden Techniker, die nach einer nichttechnischen wissenschaftlichen Ausbildung und Graduierung, angeregt durch den Geist der Zeit, technische Versuche zu betreiben begannen und, weitgehend aufbauend auf autodidaktisch erworbenen Kenntnissen der Maschinenkonstruktion und empirischen Methoden, der handwerklichen Erfahrung, zu betriebsfähigen Mechanismen gelangten.

Am 7. Februar 1791 in Neubrandenburg im Großherzogtum Mecklenburg-Strelitz als Sohn eines lutherischen Pfarrers geboren, besucht *Ernst Alban* das Gymnasium seiner Heimatstadt.

Seinen ursprünglichen Berufswunsch, Maschinenbauer zu werden, hatte er, sich dem Wunsche des Vaters fügend, aufgegeben und deshalb ab 1810 in Rostock zunächst Theologie studiert. Diese Studienrichtung gab er aber nach $1^1/_2$ Jahren mit widerstrebender Duldung des Vaters auf und wechselte zum von diesem akzeptierten Medizinstudium über, das er zunächst weiter in Rostock, dann aber 1812 in Berlin und 1813 in Greifswald betrieb und danach in Rostock 1814 bis zum Erwerb des medizinischen Doktorgrades führte.

Während seines Studiums beschäftigte sich *Alban* weiter mit Physik und Mechanik, dadurch die theoretischen Grundlagen seiner späteren technischen Leistungen begründend. Während seiner in Göttingen absolvierten Ausbildung zum Facharzt der Chirurgie und Augenheilkunde, belegte er auch technische Fachkurse.

Ab 1815 praktizierte *Ernst Alban* erfolgreich als Augenarzt in Rostock. Er habilitierte sich und lehrte als Privatdozent an der Universität Rostock Anatomie, Physiologie und Augenheilkunde. Seine erfolgreichen Augenoperationen machten ihn bekannt, sicherten seine Existenzgrundlage und gaben ihm die Möglichkeit, seinen zeitweilig vernachlässigten technischen Neigungen verstärkt nachzugehen.
In den ersten Jahren seiner technischen Arbeiten beschäftigte sich *Alban*, dem Zug der Zeit folgend, mit der Funktion von durch thermische Energie angetriebenen Kraftmaschinen, deren charakteristischster und in weiten Zeiträumen des 19. Jh. verbreitetster Vertreter die Dampfmaschine war.
Ernst Alban begann, in Kenntnis der zeitgenössischen technischen Literatur (z. B. von *Richard Trevithick* (1771 bis 1837) um das Jahr 1815 mit Versuchen, eine Hochdruckdampfmaschine zu bauen und hoffte, dabei Drücke von 50 ... 80 at anwenden zu können. *Alban* „entwarf einen Plan zum Bau eines Modells, bei dessen erster Ausführung eine zinnerne Wärmeflasche den Dampfkessel abgab, für welchen zwei Wundspritzen aus einem Instrumentenschranke zu Dampfzylindern umgestaltet wurden: diese Vorrichtung ging zu seiner größten Freude, und war — eine Hochdruckmaschine; er hatte also bei diesem Versuche das erste halbe Jahrhundert der Dampfmaschinen übersprungen, und fing da an, wo andere aufgehört hatten". [6; S. 156] Besonders wurde *Alban* in der Folgezeit durch die Ergebnisse des aus Philadelphia stammenden Kupferstechers *Jakob Perkins* (1766 bis 1849) stimuliert, der ab 1819 in England lebte und Dampfmaschinen mit Drücken von 35 at bauen wollte. Nach seiner Aussage im ersten Patent vom 10. Dezember wurde „mit einer weit geringeren Menge Feuermaterials Dampf, als bei den gewöhnlichen Kesseln der Dampfmaschinen von gleicher Stärke" erzeugt. [8; Bd. 12, 1823, S. 129] Allein im „Dingler" sind in den Jahren von 1820 bis 1835 38 Artikel von *Perkins* erschienen. [4]
Die Erkenntnisse der technischen Entwicklungsarbeiten von *Perkins* und seine eigenen Versuche bestärkten *Alban* bei dem Bestreben, die Wirtschaftlichkeit von Kessel und Dampfmaschine durch Erhöhung des Dampfdrucks und damit der Dampftemperatur und des nutzbaren Wärmegefälles zu verbessern. Ein Bericht der „Bremer und allgemeinen Zeitung" informiert über die Zielstellungen *Albans* zur Verbesserung der Dampfmaschine und die von ihm zu dieser Zeit konzipierte Lösungsmöglichkeit zur Erzeugung von Dampf mit einem Druck von 600 Pfd. pro Quadratzoll (d. h. 42,2 at). *Alban* glaubte, diese für die damalige Zeit sehr hohen Drücke dadurch gefahrlos beherrschen zu können, daß er den Dampf durch Einspritzen von Wasser in doppelwandige, indirekt beheizte, im Rauchgas hängende Behälter erzeugen könne, wobei die Wärmeübertragung von dem 4 Fuß langen, 3,5 Fuß hohen und 3 Zoll breiten drucklosen Außenbehälter auf die in ihm als Tauchrohre senkrecht angeordneten 3 Fuß langen, oben miteinander verbundenen 8 Druckrohre von 1 Zoll Durchmesser durch ein Metallbad aus zwei Teilen Blei und einem Teil Zinn erfolgen sollte. Für die Anpassung der Leistung des aus mehreren solcher Elemente bestehenden Dampferzeugers an den Dampfbedarf der mit ihm zu koppelnden Dampfmaschine war an die Verwendung eines Speisewassereinspritzreglers und einer Regelklappe für die Verbrennungsluftzufuhr der Feuerung gedacht. Als Auslegungsdruck für die gebohrten Druckrohre werden 428 at angegeben. [8; Bd. 19, 1826; S. 215 f.]



Hochdruckdampfmaschine
mit schwingendem Zylinder

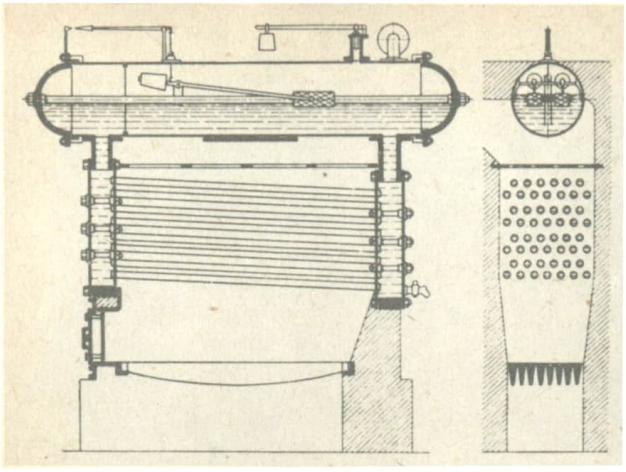
Das Dampfentwicklungsprinzip ließ *Alban* in England über einen Londoner Kaufmann zum Patent anmelden. Das Patent wurde am 14. Mai 1825 erteilt und mit kritischen Anmerkungen im „Repertory of Patent-Invention" vom Februar 1826 veröffentlicht. [vgl. 8; Bd. 19, 1826; S. 494f.]

Der konzeptionelle Grundgedanke des vorgeschlagenen Dampferzeugertyps mit mittelbarer Wärmeübertragung durch ein Metallbad ist jedoch wärmetechnisch unzweckmäßig, und notwendigerweise bei der Dampfbildung im Tauchrohr zurückbleibende Speisewasserbegleitstoffe wie Härtebildner und Salze mußten bei der hier nicht vorhandenen Möglichkeit der Abschlämmung und Absalzung (wie sie bei Großwasserraumkesseln der damaligen Zeit möglich war, bei denen außerdem die sich absetzenden Rückstände durch Abklopfen entfernt wurden) nach kurzer Betriebszeit zum Zusetzen des Dampferzeugungsteiles führen. Hinzutretende Probleme der Fertigung und Regelung konnten um 1830 mit dem erforderlichen Genauigkeitsgrad noch nicht gelöst werden, so daß dieses Patent zum Scheitern verurteilt sein mußte.

Bereits der US-Amerikaner *Oliver Evans* (1755 bis 1819) und der Engländer *R. Trevithick* hatten seit dem Jahre 1800 in den USA und England betriebsfähige Hochdruckmaschinen, wenn auch mit dem geringeren Drucke von 5 bis 7 at, gebaut. [3; S. 224]

Noch während seiner Tätigkeit als Arzt lernte *Alban* in Rostock den mecklenburgischen Konsul in London kennen und reiste durch dessen Vermittlung im Juni 1825 nach England, um hier bis 1827 seine technischen Kenntnisse zu vervollkommnen und seine im Patent niedergelegten Entwürfe mit Hilfe der damals sprichwörtlichen englischen Handwerkerkunst in funktions- und verkaufsfähige Maschinenanlagen umzusetzen, für deren Absatz von einer zur Ausbeutung des *Alban*schen Patentes durch den Mecklenburgischen Konsul gegründeten Gesellschaft bereits eine umfangreiche Werbung betrieben wurde.

Alban arbeitete in mehreren englischen Fabriken und lernte dort die verschiedensten Ausführungen von Dampfmaschinen und ihre Betriebsweise kennen. Es gelang ihm aber nicht, eine seiner Konstruktionen in England auf den Markt zu bringen, da sich



Albans Wasserrohrkessel mit zwei Wasserkammern und einer Dampftrommel

bei weiteren Versuchen herausstellte, daß eine sofortige Verwertung seiner Gedanken an den vorhandenen konzeptionellen Unzulänglichkeiten scheiterte.

Nach seiner Rückkehr aus England ließ sich *Alban* zunächst in Stubbendorf bei Tessin nieder und vervollkommnete seine Kenntnisse der technischen Literatur und wissenschaftlichen Grundlagen der zugehörigen Gebiete des Maschinenbaues. Hier begann auch seine Mitarbeit an *Dinglers* „Polytechnischem Journal".

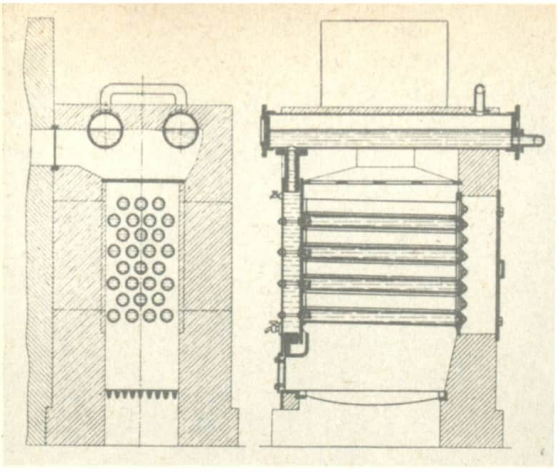
1829 gründete *Ernst Alban* in Klein-Wehnendorf (Kreis Rostock), wo er zuvor ein Landgut erworben hatte, das er zur Musterwirtschaft ausbaute, die erste Maschinenbauanstalt Mecklenburgs. Damit trat er in die Reihe jener Maschinenbauer, die, wie *Richard Hartmann* (1809 bis 1878) in Sachsen und *August Borsig* (1804 bis 1854) in Berlin, zunächst in der Form des Handwerksbetriebes, in Deutschland Maschinen zu bauen begannen.

Zunächst baute *Alban* vor allem landwirtschaftliche Geräte und Maschinen, die durch Muskelkraft von Menschen und Zugtieren angetrieben wurden. Die Entwicklung einer Breitsägemaschine ist besonders hervorzuheben, die wegen ihrer hervorragenden Eignung in 1000 Exemplaren hergestellt und verkauft werden konnte.

Neben der Konstruktion von Arbeitsmaschinen betrieb *Alban* den Bau von Dampfmaschinen, vorerst im Modell oder als Antriebsquelle für die Maschinen seiner Werkstatt.

Da der Bau von Dampfmaschinen die Zulieferung von Erzeugnissen einer Eisengießerei bedingte, gab *Alban* seine Maschinenbauanstalt auf, trat 1836 als Teilhaber in die neugegründete Güstrower, mit einer Eisengießerei ausgestatteten, Maschinenbauanstalt ein und übernahm in dieser sich auf Grund günstiger Absatzmöglichkeiten rasch entwickelnden Fabrik die Leitung der Maschinenbauabteilung. Aber erst die erneute Gründung einer eigenen Maschinenfabrik im Jahre 1840 in Plau am See ermöglichte *Alban*, auf dem Gebiet des Dampfmaschinen- und des Dampfkesselbaues wieder Entwicklungsarbeiten zu betreiben.

In der Plauer Fabrik, der 1842 eine Eisengießerei angeschlossen wurde, sind nicht nur Dampfmaschinen (deren Druckstufe aus Fertigungsgründen jedoch auf 8 at begrenzt blieb) gebaut worden. Die beginnende Industrialisierung stellte vielfältige



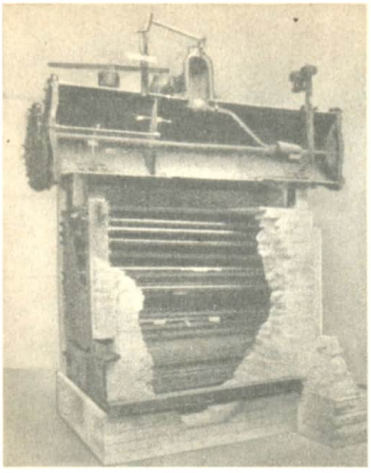
Albans Wasserrohrkessel mit einer Wasserkammer und zwei Dampfsammlern

Anforderungen, weshalb das Produktionsprogramm außerdem auch landwirtschaftliche Maschinen, Textilmaschinen und Wasserräder enthielt. Doch die Kraftmaschinen und Dampfkessel rückten immer mehr in den Mittelpunkt der vorgenommenen Entwicklungsarbeiten, da die durch sie entstandenen technischen Pionierleistungen auch im Ausland (England, USA, Frankreich) immer stärkere Beachtung fanden. So wurden in *Albans* Plauer Fabrik schon Hochdruckmaschinen gebaut, als noch vornehmlich Niederdruckmaschinen eingesetzt wurden.

Die Arbeiten auf dem Gebiet der Anwendung des Hochdruckdampfes bildeten das international anerkannte Kernstück der Ingenieurarbeit *Albans* und prägten einen wichtigen Abschnitt in der Weiterentwicklung von Wärmekraftmaschinen und vor allem neuer ausgezeichneter Dampfkesselkonstruktionen um die Mitte des 19. Jh.

Die für die Entwicklung der Hochdruckdampftechnik wichtigsten Erzeugnisse seiner Plauer Periode sind die mit einem schwingenden, vertikal angeordneten und oben am Dampfein- und -austritt in 2 Zapfen gelagerten Dampfzylinder ausgestattete oszillierende Hochdruckdampfmaschine sowie der Einkammerkessel, der dann durch die erste Zweikammerkesselausführung 1847 abgelöst wurde. „Eine von *Alban* um 1840 erbaute Hochdruckdampfmaschine mit oszillierendem Zylinder entwickelte unter einem Dampfdruck von 8 — 10 Atmosphären bei 36 Umdrehungen je Minute eine Leistung von 30 PS. Auch *Alban* erkannte frühzeitig, daß die Einführung der Hochdruckdampfmaschine vor allem davon abhing, ob es gelang, einen explosionssicheren Hochdruckdampfkessel zu schaffen. Diese Aufgabe versuchte er durch engrohrige Wasserrohrkessel zu lösen ... Er ging ... zu selbständigen Weiterentwicklungen ... durch eine Röhrenbatterie ... (über). Die einzelnen Rohre waren an den Stirnseiten durch Wasserkammern untereinander und mit dem Oberkessel verbunden. Bei der späteren Entwicklung des Wasserrohrkessels wurde weitgehend auf die von *Alban* gegebene Anregung zurückgegriffen." [9; S. 48f.]

Die Unterscheidung der Druckstufen von Kesseln und Dampfmaschinen in Niederdruck, Mitteldruck und Hochdruck wurde mit dem Übergang von der *Watt*schen Vakuumdampfmaschine zur sog. *Trevithick*schen Cornwall Maschine (Betriebsdruck 2,5 bis 6,6 at) ab etwa 1800/1812 üblich. Die Wertbereiche erfuhren in der



Albans Wasserrohrkessel mit zwei Wasserkammern und zwei Dampfsammlern

Folgezeit wiederholte Verschiebung nach höheren Werten. [9; S. 37, 43, 61] Aus dem ersten statistischen Bericht des sächsischen Regierungsbaurates *Johann Ambrosius Hülße* (1812 bis 1876) über die Dampfmaschinen des Königreiches Sachsen von 1847 [5; S. 1] ist zu entnehmen, daß Dampfmaschinen um 1840 wie folgt nach der Dampfspannung klassifiziert wurden: Niederdruckmaschinen bis 1,25 at, Mitteldruckmaschinen 1,25 ... 3 at, Hochdruckmaschinen über 3 at. Daraus ist zu ersehen, daß *Albans* Kessel- und Dampfmaschinenkonstruktionen für das europäische Festland den Beginn einer neuen Entwicklungslinie einleiteten. Sie wiesen dadurch Pioniercharakter auf, daß sie neue Konstruktionsprinzipien, solide Ausführung, handwerkliches Geschick und technische Erfahrung mit der Anwendung von bereits richtig genutzten, jedoch z. T. erst später formulierten wärmetechnischen Grundsätzen paarten. Dadurch ergeben sich wirtschaftliche, betriebsfähige Anlagen, die einen gewaltigen Entwicklungssprung darstellten und ihrer Zeit voraus waren.

Mitte der fünfziger Jahre des 19. Jh. wurden weitere entscheidende Erkenntnisse auf dem Gebiet der Wärmetechnik gewonnen, die mehr und mehr als thermodynamische Grundsätze den Bau von Wärmekraftmaschinen bestimmten. Hier sei nur auf die Leistungen von *Gustav Anton Zeuner* (1818 bis 1907) und *Richard Mollier* (1863 bis 1935) hingewiesen.

Albans 1843 erschienenes Buch „Die Hochdruckdampfmaschine" [1] fand als Lehrbuch in den zahlreich sich in dieser Zeit herausbildenden technischen Schulen Eingang. [vgl. 8; Bd. 116, 1850, S. 161] Es diente damit zur Ausbildung von Technikern, die die mehr und mehr in Anwendung gebrachten Eigenentwicklungen deutscher Ingenieure nutzten. *Albans* Lehrbuch wurde bereits im Erscheinungsjahr ins Englische übersetzt und in mehreren Auflagen auch in den USA verbreitet.

Ernst Albans Arbeiten auf dem Gebiet des Hochdruckdampfmaschinenbaus erfuhren öffentliche Würdigung, u. a. durch die Verleihung der Ehrendoktorwürde der Universität Rostock. Am 13. Juni 1856 verstarb er in Plau am See. Außer der Grabstätte künden dort keine weiteren Sachzeugen mehr von den bahnbrechenden Leistungen dieses Pioniers des Hochdruckdampfes aus dem 19. Jh.

Lebensdaten zu Ernst Alban

1791	Am 7. Februar in Neubrandenburg geboren
1810 bis 1815	Studium der Theologie — später Medizin an den Universitäten Rostock, Berlin, Greifswald, Göttingen
1815	Promotion — Augenarzt in Rostock — Habilitation — Privatdozent an der Universität Rostock
1815	Erste Versuche, eine Hochdruckdampfmaschine zu bauen
1825	Erstes Patent auf Dampfentwicklungsprinzip
1825 bis 1827	Aufenthalt in England
1827	Beginn der publizistischen Tätigkeit im polytechnischen Schrifttum
1829	Gründung der ersten Maschinenbauanstalt Mecklenburgs in Klein-Wehnendorf
1838	Eintritt als Teilhaber in die Güstrower Maschinenbauanstalt
1840	Gründung einer eigenen Maschinenfabrik in Plau am See
1843	Hauptwerk „Die Hochdruckdampfmaschine"
1856	13. Juni in Plau am See verstorben

Literaturverzeichnis zu Ernst Alban

[1] *Alban, E.:* Die Hochdruckdampfmaschine. Rostock und Schwerin 1843.

[2] *Bernoulli, Chr.:* Dampfmaschinenlehre. Bearb. von E. Th. Böttcher, 1. Abt., 5. Aufl., Stuttgart 1861.

[3] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.

[4] Entwicklungstendenzen von Wärmekraftmaschinen. Dargest. in „Dinglers polytechnisches Journal". Hrsg. von der Sächsischen Landesbibliothek Dresden, Dresden 1978.

[5] *Hülße, J. A.:* Die Dampfmaschinen im Königreich Sachsen. Ein Beitrag zur gewerblichen Statistik. Leipzig 1847.

[6] *Karmarsch, K.:* Zu „Dr. Ernst Albans Mitteilungen aus seinem Leben als Maschinenbauer". In: Polytechnisches Journal. Hrsg. von J. G. Dingler, Stuttgart, Bd. 116 (1850), S. 155—162.

[7] *Münzinger, F.:* Dampfkraft. 3. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1949.

[8] Polytechnisches Journal. Hrsg. von J. G. Dingler, Stuttgart, Bd. 1 (1820)ff.

[9] *Sonnenberg, G. S.:* Hundert Jahre Sicherheit. Beiträge zur technischen und administrativen Entwicklung des Dampfkesselwesens in Deutschland 1810 bis 1910. Düsseldorf 1968.

Charles Babbage (1792 bis 1871)

Der englische Mathematiker, Ökonom und Wissenschaftsorganisator *Charles Babbage* ist in die Geschichte der Wissenschaften als Erfinder der ersten programmgesteuerten Rechenmaschine eingegangen. Er scheiterte an den technischen Unzulänglichkeiten seiner Zeit, seine Ideen wurden aber fast einhundert Jahre später mit dem Bau elektronischer programmgesteuerter Digitalrechner verwirklicht.

Die Idee, daß Maschinen monotone Rechenarbeiten übernehmen könnten, ist relativ alt. Die ersten funktionierenden Modelle einfacher Rechenmaschinen wurden be-

Charles Babbage

reits im 17. Jh. konstruiert, von *Wilhelm Schickhard* (1592 bis 1635), dem Mathematiker und Philosophen *Blaise Pascal* (1623 bis 1662) und von dem Universalgelehrten und Begründer der Berliner Akademie der Wissenschaften *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646 bis 1716). [vgl. 1]

Wenn man heute in der Literatur *Babbage* einen „Pionier der Computertechnik" nennt, dann ist damit gemeint, daß er der geistige Vater jener Entwicklung gewesen ist, denn leider sind seine Arbeiten, so originell und brillant sie auch gewesen sind, ohne Einfluß auf die moderne Entwicklung der Computertechnik geblieben. [vgl. 2; S. 415] Der erste betriebsfähige programmgesteuerte Rechenautomat, „Z 3" genannt, wurde erst 1941 von *Konrad Zuse* (geb. 1910) gebaut.

Babbage lebte in einer Zeit, in der in England die industrielle Revolution bereits vollzogen war und das Land eine Vormachtstellung in der Welt erlangt hatte. Die Entwicklung der Produktivkräfte hatte mit der Produktion in der „großen Industrie" (*K. Marx*) einen ersten Höhepunkt erreicht. Eine Reihe bedeutender Industriezweige, so die Textilindustrie, wurden dank technischer Erfindungen mechanisiert. Man war bestrebt, mittels neuer Maschinen schneller, billiger und besser zu produzieren. Die kapitalistische Produktionsweise beeinflußte zunehmend alle anderen gesellschaftlichen Sphären, auch und besonders die Wissenschaftsentwicklung.

Charles Babbage wurde als Kind wohlhabender Eltern am 26. Dezember 1792 in Teignmouth (Grafschaft Devonshire) geboren. Er erhielt eine ausgezeichnete Privatausbildung. 1810 begann er sein Studium an der Universität in Cambridge. Bald fand er, daß er mehr wisse als seine Lehrer, weil die englische Mathematik hinter der Entwicklung in Europa zurückgeblieben war. Ein Grund hierfür war das Festhalten der englischen Mathematiker am etwas schwerfälligen Differentationskalkül der Fluxionen als „heiliges Andenken" an *Isaac Newton* (1643 bis 1727). Dieses Dogma durchbrach 1812 eine Gruppe junger Mathematiker, die eine „Analytische Gesellschaft" gründeten, um die *Leibniz*sche Differentialschreibweise auch in England zu verbreiten. Diese Gruppe führten *Babbage, George Peacock* (1791 bis 1858) und *John F. W. Herschel* (1792 bis 1871), Sohn des bekannten deutschen, nach England ausgewanderten Astronomen *Friedrich Wilhelm Herschel* (1738 bis 1822),

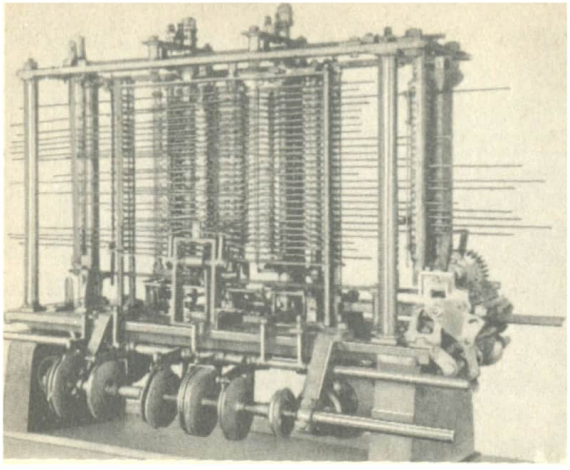
an. Ihr Wirken begann Anerkennung zu finden, als ihre Übersetzung des Lehrbuches von *Sylvestre François Lacroix* (1765 bis 1843) „Elementary Treatise on the Differential and Integral Calculus" erschien. Die Gruppe spielte eine wichtige Rolle für die Herausbildung einer englischen algebraischen Schule. Nach Beendigung seines Studiums untersuchte *Babbage* eine Reihe von Fragen aus dem Gebiet der angewandten Mathematik.

Noch als Student entdeckte *Babbage*, zusammen mit *J. Herschel*, eine Reihe von Fehlern in Navigationstabellen. Die Fehler führten vor allem zu Ungenauigkeiten bei der Positionsbestimmung der Schiffe. Die Notwendigkeit, Fehler in diesen und anderen Tabellen (z. B. Logarithmentafeln) zu vermeiden, brachte *Babbage* auf die Idee, die Berechnungen dieser Tabellen mittels spezieller Maschinen ausführen zu lassen. In seiner Autobiographie [7] betonte er diese — bereits in den Jahren des Studiums entstandene — Idee sehr nachdrücklich, an deren Verwirklichung er sein ganzes Leben arbeiten sollte.

Babbage beschäftigte sich aber nicht nur mit mathematischen und rechentechnischen Problemen. So widmete er sich Fragen der Astronomie, der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik, der Geophysik und nicht zuletzt Problemen der Politischen Ökonomie. Bereits 1816 wurde *Babbage* Mitglied der Londoner Royal Society. 1827/28 bekam er den Lucasion Chair (die Lucas-Professur für Mathematik) an der Universität Cambridge, den Lehrstuhl, den als erster *Isaac Barrow* (1630 bis 1677) und danach dessen berühmter Schüler *Isaac Newton* erhalten hatten. *Babbage* hielt jedoch keine Vorlesungen.

Er verfolgte sehr aufmerksam die Entwicklung der Wissenschaften in England und in Europa und half (im heutigen Sprachgebrauch war er wissenschaftsorganisatorisch tätig), neue wissenschaftliche Gesellschaften zu gründen, die den Anforderungen der modernen Entwicklung besser gerecht werden sollten. So war er 1820 an der Gründung der „Astronomical Society" beteiligt. Im Jahre 1828 reiste er durch mehrere europäische Länder, u. a. auch nach Deutschland, und machte sich mit dem Stand der Wissenschaften und ihren institutionellen Formen vertraut. Während dieser Reise nahm er auch an der 7. Tagung der „Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte" in Berlin 1828 teil. Dabei traf er *Alexander von Humboldt* (1769 bis 1859), mit dem er im Briefwechsel stand. [vgl. 9] *Babbage* war vom europäischen Wissenschaftsbetrieb beeindruckt und begann, sich in England für die Schaffung einer Institution einzusetzen, die ähnlich der „Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte" Zentrum des wissenschaftlichen Meinungsstreites sein sollte. 1830 erschien in London sein Buch „Reflections on the Decline of Science in England" („Betrachtungen über den Niedergang der englischen Wissenschaft"), und 1831 wurde auf seine Initiative die „British Association for the Advancement of Science" geschaffen, die im 19. Jh. zu einer der einflußreichsten Organisationen der britischen Wissenschaftler wurde. Aus ihr ging 1834 die „Statistical Society of London" hervor, an deren Gründung *Babbage* wiederum maßgeblich beteiligt war.

Er hatte frühzeitig erkannt, welche Bedeutung die Wissenschaften für die kulturelle wie industrielle Entwicklung einer Gesellschaft bekommen hatten. Er forderte als einer der ersten von den nationalen Regierungen, die Wissenschaften aktiv zu unterstützen (man würde heute sagen eine Wissenschaftspolitik zu betreiben), Erfindungen zu fördern und den Wissenschaftlern ein Mitspracherecht in öffent-



„Difference Engine"

lichen, gesellschaftlichen Anliegen zu gewähren. Im Jahre 1832 erschien in London *Babbages* Buch „On the Economy of Machinery and Manufactures" (die deutsche Übersetzung erschien bereits 1833 in Berlin), das von *Karl Marx* (1818 bis 1883) in seinem Hauptwerk „Das Kapital" mehrfach zitiert wurde. [vgl. 10; S. 366, 369f., 396, 413, 427] Darüber hinaus befaßte sich *Babbage* mit Fragen der Bevölkerungsstatistik und der Besteuerung; er arbeitete auch in einer Kommission zur Verhinderung von Banknotenfälschungen bei der „Bank of England".

Nachweislich ab 1822 beschäftigte sich *Babbage* mit der Konstruktion von Rechenmaschinen. Dieser Arbeit widmete er sich in den späteren Jahren mehr und mehr. Die letzten Lebensjahre verbrachte er fast ausschließlich mit der Verwirklichung seiner Pläne, die ihm zu Lebzeiten nur Ärger, Konfrontation mit technischen Unzulänglichkeiten und Unverständnis einbrachten. Interessant ist sein Herangehen an diese Probleme, das uns erlaubt, ihn als geistigen Vater unserer Rechentechnik zu betrachten.

Babbage interessierte sich zu Beginn seiner Arbeiten zunächst für die Arbeitsorganisation der Gruppen, die in Frankreich Ende des 18. Jh. logarithmische u. a. Tafeln im Zusammenhang mit der Einführung des Dezimalsystems berechneten. Der Leiter dieses Unternehmens, *Gaspard-Clair François Prony* (1755 bis 1839), reorganisierte die Pariser „Rechenbüros" und erreichte durch sein aus der Ökonomie übernommenes System der Arbeitsteilung, daß die Tafeln in vergleichsweise kurzer Zeit berechnet werden konnten. *Prony* bildete drei Gruppen. In der ersten Gruppe arbeiteten 5 bis 6 gute Mathematiker, die die notwendigen und passenden analytischen Ausdrücke für die zu erfolgenden Berechnungen zusammenzustellen hatten. Diese Ausdrücke erhielt die zweite Gruppe, die aus 9 bis 10 Mitarbeitern bestand, die die Mathematik hinreichend gut beherrschten. Sie hatten die erhaltenen Formeln so umzubilden, daß sie für das Rechnen mit Zahlen bequem handhabbar wurden. Außerdem berechneten sie die notwendige Genauigkeit der Tafelwerte. Die umgebildeten Formeln erhielt die — zahlenmäßig größte — dritte Gruppe, die aus etwa 100 Mitarbeitern bestand und deren mathematische Kenntnisse sich zu 90 % nur auf die arithmetischen Grundoperationen beschränkten.

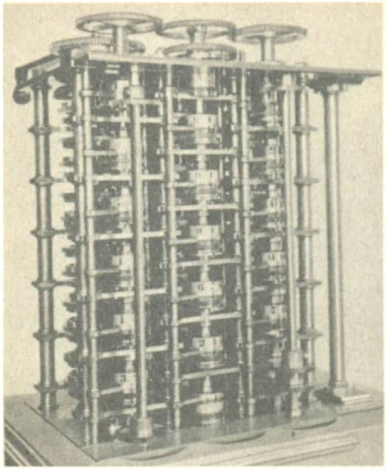
Die Mitarbeiter dieser Gruppe hatten die Ausgangszahlen, die sie ebenfalls von der zweiten Gruppe erhielten, nach bestimmten Verfahren lediglich zu addieren bzw. zu substrahieren und Tafeln zusammenzustellen, d. h., sie arbeiteten rein mechanisch.

Pronys System brachte *Babbage* auf die Idee, eine Maschine zu konstruieren, die die Tabellen so berechnen würde, wie es die dritte Gruppe tat, d. h., er wollte die Arbeit der dritten Gruppe von einer Maschine ausführen lassen. *Babbage* nutzte für seine Überlegungen die Tatsache, daß bei der Berechnung von Polynomen mittels der Differenzenmethode die letzte Differenz immer konstant bleibt. Daher nannte er seine Maschine, die nach dem Differenzenverfahren rechnen sollte, „Difference Engine" (Differenzenmaschine). In seiner Maschine benötigte er für jede Differenz ein eigenes Register, das die betreffende Zahl enthalten mußte und die Steuerung, die den Übergang zum Nachbarregister gewährleisten würde. Zum Beispiel mußte also die Maschine zur Berechnung eines Polynoms 2. Ordnung 3 Register besitzen.

Nach größeren technischen Schwierigkeiten begann *Babbage* 1822, eine kleine funktionierende Differenzenmaschine mit 3 Registern mit jeweils 6 Sektionen zu bauen. Damit konnte er die Quadratzahlen und eine Tabelle für die Werte der Funktion $y = x^2 + x + 41$ berechnen (zur Differenzenmaschine, ihrem Aufbau und der Funktionsweise vgl. 1; S. 111—113 und 2; S. 416f.). Als er diese Maschine gebaut hatte, wandte sich *Babbage* noch im gleichen Jahr an den Präsidenten der Royal Society und schlug vor, eine größere Maschine zu bauen, mit deren Hilfe man insbesondere astronomische und Navigationstafeln berechnen könnte. Als Gründe für sein Anliegen führte er u. a. an, ihm sei beim Beobachten der monotonen Rechenarbeit, der sich ständig wiederholenden einfachsten Rechenvorgänge die Idee gekommen, mit Hilfe einer Maschine den Menschen von eintönigen Geistesoperationen zu befreien. Auf Grund der Unterstützung durch die Royal Society erhielt *Babagge* finanzielle Mittel von der Regierung und begann 1823 mit der Konstruktion einer größeren, perfekteren Maschine, die Differenzen bis zur 6. Ordnung berücksichtigen sollte. Dieses Projekt konnte er jedoch nicht erfolgreich beenden. Die technische Umsetzung seiner Ideen erwies sich als zu kompliziert, sie dauerte wesentlich länger, als er angenommen hatte, und war auch teuer (nach den ersten 10 Jahren war die Maschine noch nicht gebaut, aber bereits 17 000 Pfund Sterling Regierungsgelder und 13 000 Pfund eigenes Vermögen waren ausgegeben worden). Als die Regierung 1842 die weitere finanzielle Unterstützung des Projektes ablehnte, waren erst Teile der „Difference Engine Number One" gebaut worden, die zunächst als Museumsstücke im King's College in London, ab 1862 im Science Museum London aufbewahrt wurden, die Teile der Maschine sind im Londoner Museum noch heute zu besichtigen; außerdem steht in Cambridge ein Demonstrationsmodell, gebaut aus Teilen der Differenzenmaschine von *Babbage*.

Eine funktionierende Differenzenmaschine (für 4 Differenzen) nach *Babbages* Ideen stellten 1855 die Schweden *Edvard* (*Eduard*; 1821 bis 1881) und sein Vater *Per Geo (Georg) Scheutz* (1785 bis 1873) vor; sie dokumentierten damit die Richtigkeit und Ausführbarkeit der Gedanken von Babbage. [vgl. 2; S. 427]

Nach diesem gescheiterten Unternehmen war *Babbage* keineswegs entmutigt. Er hatte schon während der Arbeit an seiner „Difference Engine" kühne Ideen zum



„Analytical Engine"

Bau einer leistungsfähigeren und vor allem schnelleren Maschine, einer „Analytical Engine" entwickelt.
Etwa ab 1834 arbeitete er fast ausschließlich täglich 10 bis 12 Stunden an der Verwirklichung dieser Idee.
Dabei hatte er keine Mitarbeiter, keine finanzielle oder technische Unterstützung — aber auch keinen Erfolg. Eine wichtige Anregung für den Aufbau seiner Maschine entnahm er wiederum der Ökonomie, dem Aufbau der *Jacquard*-Webstühle — so benannt nach ihrem Erfinder, *Joseph-Marie Jacquard* (1752 bis 1834), der diese Maschine 1805 erfunden hatte —, die für die Steuerung spezielle Lochkarten verwendeten. *Babbage* erkannte, daß seine automatische Maschine mittels solcher Karten gesteuert werden könnte. Technisch dachte er sich, daß Federtasten Hebel in Bewegung setzen, wenn die Lochkarten diesen Schritt anzeigten. Das Herzstück seiner Maschine, das Rechenwerk (bei ihm „mill" genannt), sollte aus 1 000 Kolonnen von Zahnradgetrieben bestehen, mit deren Hilfe alle 4 arithmetischen Grundrechenarten für eine große Anzahl 50stelliger Zahlen ausführbar werden sollten. Schematisch könnten die Bestandteile seiner Maschine so charakterisiert werden [vgl. 8; S. 356], daß das Zentrum durch das Rechenwerk (the mill) gebildet wird, das aus 50 000 Getrieben und 1 000 Achsen besteht. In das Rechenwerk werden die Datenmenge (Variable) und das Programm (die auszuführenden Rechenoperationen) auf Lochkarten eingegeben sowie manuell Zahlen auf Lochkarten. Die Ergebnisse erscheinen im Ausdruck, gedruckt oder gestanzt. Mit dem Rechenwerk sollen die Teile, die die Funktionen der Kontrolle, des Speicherns und der Entscheidungseinheit ausüben, wechselseitig verbunden werden. Damit entsprach *Babbages* Maschine [vgl. 2; S. 417 ff.] modernen Prinzipien einer automatischen Rechenmaschine, betrachtet man die einzelnen Bauteile: Steuerung der Maschine durch ein Programm, Speicherwerk, Verwendung von Zwischenergebnissen, Ausdruck der Ergebnisse. Ein wesentlicher Unterschied zu modernen Rechenautomaten war die Verwendung des Dezimalsystems. Für *Babbage* bestand aber, da die Elektrotechnik-Elektronik noch nicht entwickelt worden war, keine Notwendigkeit, das binäre System in Betracht zu ziehen.

Babbage selbst propagierte seine Ideen zunächst in einem Brief an den Präsidenten der Brüsseler Akademie der Wissenschaften, der auf der allgemeinen Versammlung der Akademie im Mai 1835 verlesen wurde. Im Jahre 1840 reiste er nach Italien, wo er Vorlesungen hielt und auf Veranstaltungen in Turin seine Auffassungen zur Konstruktion der analytischen Maschine darlegte. Einer der Teilnehmer, *Luigi Federigobrat Menabra* (1809 bis 1886), der als General an der Befreiungsbewegung unter Führung *Giuseppe Garibaldis* (1807 bis 1882) teilnahm, veröffentlichte im Oktober 1842 seine Mitschrift der Vorlesungen von *Babbage*. [11] Als die Übersetzung ein Jahr später in London erschien [12], wurden *Babbages* Ideen auch in England bekannt. Er wurde zwar von Freunden bewundert, erhielt aber keinerlei Unterstützung. Hinzu kam, daß es für seine Maschine noch keine wirklichen Interessenten gab; die Entwicklung der Produktivkräfte, die Bedürfnisse der Wissenschaftsentwicklung benötigten noch keinen Computer.

Babbage starb am 18. Oktober 1871 in London. Nach seinem Tode veröffentlichte sein Sohn Materialien aus dem Nachlaß seines Vaters [13] in der Hoffnung, damit den Anstoß zur Verwirklichung der Ideen seines Vaters zu geben. Außerdem baute er mit Freunden nach den vorhandenen Zeichnungen und Instruktionen ein kleines analytisches Rechenwerk und einen Drucker, die heute im Science Museum London zu besichtigen sind.

Babbage war mit seinen Versuchen seiner Zeit weit voraus. Um so bewundernswerter sind sein Weitblick und seine Energie, mit der er mehr als dreißig Jahre an der Verwirklichung seiner Pläne arbeitete.

Lebensdaten zu Charles Babbage

1792	Am 26. Dezember in Teignmouth geboren
1810	Beginn des Studiums an der Universität Cambridge
1812	Mitbegründer der „Analytischen Gesellschaft"
1816	Mitglied der Royal Society
1820	Mitbegründer der „Astronomical Society"
Etwa ab 1822	Beschäftigung mit und Bau der „Difference Engine". Die Arbeiten werden 1843 erfolglos eingestellt
1827/28	*Babbage* erhält die Lucas-Professur (Lucasion Chair) an der Universität Cambridge
1828	Während einer Europareise Teilnahme an der 7. Tagung der „Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte" in Berlin
1830	„Reflections on the Decline of Science in England"
1831	Auf *Babbages* Initiative wird die „British Association for the Advancement of Science" gegründet, aus der 1834 unter seiner Mitwirkung die „Statistical Society of London" hervorgeht
1832	„On the Economy of Machinery and Manufactures"
Etwa ab 1834	Arbeiten an der „Analytical Engine"
1840	Vorträge in Turin über seine Pläne zum Bau der „Analytical Engine"
1871	18. Oktober, in London gestorben

[1] *Apokin, I. A., L. E. Majstrov:* Razvitie vyčislitel'nych mašin. (Die Entwicklung der Rechenmaschine), Moskva 1974.
[2] *Wilkes, M. V.:* Babbage as a Computer Pioneer. In: Historia Mathematica, Toronto 4 (1977), 4, pp. 415—440.
[3] *Laitko, H.:* Zum Verhältnis von Wissenschaft und Ideologie in der Periode der industriellen Revolution in England. In: NTM, Leipzig 15 (1978) 2, S. 30—38.
[4] *Dubbey, J. M.:* Babbage, Peacock and modern algebra. In: Historia Mathematica, Toronto 4 (1977) 3, pp. 295—302.
[5] *Dubbey, J. M.:* The development of modern mathematics, New York 1973.
[6] *Dubbey, J. M.:* The mathematical work of Charles Babbage. Cambridge 1978.
[7] *Babbage, Ch.:* Passages from the life of a Philosopher, London 1864 (Nachdrucke 1928 und 1968).
[8] Dictionary of scientific biography. (Ed. Gillispie). Vol. 1, New York 1970, pp. 354—356.
[9] *Biermann, K.-R.:* Alexander von Humboldt über den Vorläufer des programmgesteuerten Rechenautomaten. In: NTM, Leipzig 9 (1972) 1, S. 21—24.
[10] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 1. In: MEW, Bd. 23, Berlin 1962.
[11] *Menabra, L. F.:* Notations sur la machine analytique de M. Ch. Babbage. In: Bibliothèque Universelle de Geneve, N 82, Octobre, 1842.
[12] *Lovelace, A. A.:* Sketch of the analytical engine, invented by Ch. Babbage. With Notes upon the memoir by the translator, A. Countess of Lovelace. In: Scientific memoirs, 1843.
[13] *Babbage, H. P.:* (ed.) Babbage's Calculating Engines. London 1889.

Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 bis 1832)

Mit der industriellen Revolution erlangte die Dampfmaschine als universelles Antriebsmittel große Bedeutung. Mit ihr wurde das Werkzeug fertiggestellt, „das mehr als jedes andere die Gesellschaftszustände ... revolutionieren ... sollte". [1; S. 454]

Bisher waren allerdings die Erfindung und Verbesserungen der Dampfmaschine vorwiegend auf praktisch-empirischer Grundlage zustande gekommen, wobei den Konstruktionen auch naturwissenschaftliche Erkenntnisse zugrunde lagen. Die in der Wärmekraftmaschine ablaufenden Vorgänge, die Beziehungen zwischen mechanischer Bewegung und Wärme waren noch nicht genauer theoretisch untersucht worden. Der französische Ingenieur und Physiker *N. L. S. Carnot* hat sich als erster entscheidend mit dieser Problematik befaßt und zwar — wie *Friedrich Engels* (1820 bis 1895) anerkannte — „in sehr geschickter Weise, so daß ... er der Sache fast auf den Grund kam. Was ihn verhinderte, sie vollständig zu ergründen, ... war einzig – eine vorgefaßte *falsche Theorie*." [1; S. 393]

Nicolas Léonard Sadi Carnot wurde am 1. Juni 1796 in Paris geboren. Er war der zweitälteste Sohn des bedeutenden französischen Staatsmannes Graf *Lazare Nicolas Marguerite Carnot* (1753 bis 1823), der sich während der Französischen Revolution 1789 bis 1794 besonders um die Organisation und den Sieg des Volksheeres verdient machte. Er wurde sehr bald auf das Interesse seines Sohnes für mecha-

Nicolas Léonard Sadi Carnot

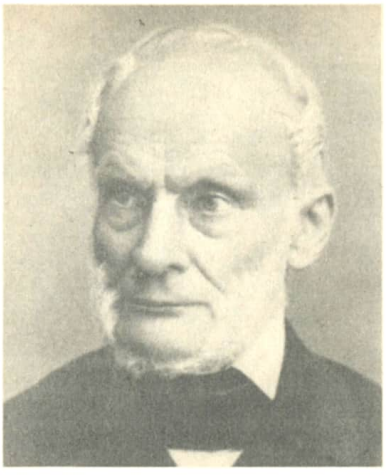
nische und physikalische Sachverhalte aufmerksam und orientierte ihn auf das Studium der technischen Wissenschaften. Bereits 1812 trat *N. L. S. Carnot* in die berühmte „École Polytechnique" ein. 1814 verließ er sie, um als Ingenieuroffizier in das Geniekorps, eine technische Militärtruppe, einzutreten. Wegen seiner politischen republikanischen Überzeugungen, durch die sich schon sein Vater ausgezeichnet hatte, bekam er dort Schwierigkeiten. Der militärische Dienst befriedigte ihn zudem nicht. Deshalb erbat er 1819 seine einstweilige Entlassung. In der ihm nun zur Verfügung stehenden Zeit widmete sich *Carnot* ganz seinen wissenschaftlichen Neigungen. Nur einmal unterbrach er seine Forschungen durch eine Reise nach Deutschland, wo er seinen Vater, der nach *Napoleon Bonapartes* (1769 bis 1821) zweiter Abdankung von den Bourbonen verbannt worden war und seine letzten Lebensjahre in Magdeburg verbrachte, 1821 besuchte. Der geistig aufgeschlossene jüngere *Carnot* beschäftigte sich mit Mathematik, Physik, Chemie, Naturgeschichte und Volkswirtschaft. Er besuchte Vorlesungen, besichtigte industrielle Unternehmen und betrachtete Maschinenmodelle in Museen. Er war ein Musikliebhaber und las Werke von *Blaise Pascal* (1623 bis 1662), *Jean-Baptiste Poquelin (Molière)* (1622 bis 1673) und *Jean de La Fontaine* (1621 bis 1695). Seine besondere Aufmerksamkeit galt jedoch der von England her verbreiteten Dampfmaschine. *Carnot*, der die industriell-technische Entwicklung aufmerksam verfolgte, erkannte den Vorzug und die Perspektive der Dampfmaschine. [vgl. 3; S. 4] Andererseits konstatierte er auch das dringende technische Bedürfnis nach theoretischer Durchdringung der Wärmekraftmaschinen und entschloß sich, das „Phänomen der Erzeugung von Bewegung durch Wärme" [3; S. 6] eingehend zu untersuchen. 1824 veröffentlichte *Carnot* seine 43 Seiten umfassende, epochale Arbeit „Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance" („Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers und die zur Entwicklung dieser Kraft geeigneten Maschinen").

Ende 1826 wurde *Carnot* zum militärischen Dienst reaktiviert und — entsprechend seinem Dienstalter — ein Jahr später zum Hauptmann befördert. 1828 legte er die Uniform endgültig ab, um sich fortan ungestört seinen wissenschaftlichen Inter-

essen zuwenden zu können. Auf die Julirevolution 1830 — an der sich *Carnot* selbst nicht aktiv beteiligte — setzte er große Erwartungen auf demokratische Veränderungen. Als diese sich nicht erfüllten, wandte er sich wieder seinen experimentellen Untersuchungen und wissenschaftlichen Studien zu. *Carnot* starb am 24. August 1832 an der Cholera.

Carnots Abhandlung von 1824 war die einzige, die zu seinen Lebzeiten und nur in wenigen Exemplaren erschien. Sie wurde zunächst kaum zur Kenntnis genommen, und erst 1834 griff *Benoit-Pierre-Émile Clapeyron* (1799 bis 1864) die Grundidee *Carnots* als „fruchtbar und einwurfsfrei" [4; S. 448] wieder auf. Auch *Clapeyrons* Aufsatz wurde anfangs wenig beachtet. 1848 regte *Carnots* Theorie den Engländer *William Thomson* (1824 bis 1907) — den späteren Lord *Kelvin* — an, seine absolute Temperaturskala aufzustellen. Schließlich machte der deutsche Physiker *Rudolf Julius Emanuel Clausius* (1822 bis 1888) im Jahre 1850 in *Poggendorffs* „Annalen der Physik und Chemie" ausdrücklich auf *Carnots* wissenschaftliche Leistung aufmerksam und würdigte dessen Beitrag zur Wärmetheorie als die „wichtigste hierher gehörige Untersuchung". [5; S. 17] Es ist übrigens bezeichnend, daß sowohl *Thomson* als auch *Clausius* sich zuerst die seltene Abhandlung *Carnots* nicht verschaffen konnten und auf deren Bearbeitung durch *Clapeyron* angewiesen waren. Wie *Wilhelm Ostwald* (1853 bis 1932), durch den 1892 die Schrift *Carnots* erstmals in deutscher Übersetzung herausgebracht wurde, feststellte, hatte es eines „Vierteljahrhunderts ... bedurft, bis der Keim, den *Carnot* gesät hatte, Frucht zu tragen begann; seine allgemeinere Wirkung in der Wissenschaft ist von der erwähnten Abhandlung von *Clausius* ab zu datiren". [3; S. 69]

Carnot hatte seine Überlegungen nicht auf die Dampfmaschine allein, „sondern auf jede denkbare Wärmemaschine, welches auch der angewandte Stoff sei, und in welcher Art man auf ihn einwirkt" [3; S. 7] gerichtet. Ihm ging es dabei um die Untersuchung der Energieumsetzung in den Wärmekraftmaschinen, ihren Wirkungsgrad und die möglichen Verbesserungen. Er bemerkte, daß es sich bei der Arbeitsleistung der Wärmekraftmaschinen um einen periodischen Vorgang handelte, und legte diesen als ideal gedachten Prozeß — nach ihm als *Carnot*scher Kreisprozeß bezeichnet — dem Studium der thermodynamischen Vorgänge in der Dampfmaschine zugrunde. Dieser historisch älteste und wichtigste reversible Kreisprozeß in der Thermodynamik stellt bis heute die theoretische Grundlage zur Berechnung und Konstruktion aller periodisch arbeitenden Wärmekraftmaschinen dar. *Carnot* kam außerdem zu dem Schluß, daß der Vorgang vollkommen umkehrbar sein müsse, woraus sich das Prinzip der sog. Wärmepumpen — der Heiz- und Kälteanlagen — ableiten läßt. Sein nach Erfahrungstatsachen aufgestellter fundamentaler Satz war, daß überall dort, *„wo ein Temperaturunterschied besteht, ... die Erzeugung von bewegender Kraft stattfinden"* [3; S. 11] kann und die Wärme stets bestrebt ist, *„von einem heißen Körper zu einem kalten"* [3; S. 8] überzugehen. *Carnot* wies nach, daß die Menge der von der Dampfmaschine geleisteten Arbeit der Menge der aus dem Kessel — dem Wärmereservoir höherer Temperatur — in den Kondensator — dem Reservoir niederer Temperatur — übertragenen Wärme proportional ist und der theoretisch höchstmögliche Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine kleiner als 1 sein muß, da stets eine Wärmedifferenz ungenutzt verlorengeht. Er hob außerdem hervor, daß der thermische Wirkungsgrad um so größer wird, je erheb-



Rudolf Julius Emanuel Clausius

licher das Temperaturgefälle zwischen beiden Wärmereservoirs ist. Scharfsinnig schlußfolgerte er, daß keine Wärmekraftmaschine einen höheren Wirkungsgrad haben könne als die, welche er gedanklich seinen Überlegungen zugrunde legte und *„das Maximum an bewegender Kraft, welches sich aus der Anwendung des Dampfes ergiebt, gleichzeitig das Maximum der bewegenden Kraft ist, welches sich durch jedes beliebige Mittel erzielen lässt"*. [3; S. 14f.] Jede reversibel arbeitende Maschine mußte also unabhängig vom Arbeitsstoff sein, da andernfalls durch eine geeignete Kombination von Maschinen mit unterschiedlichen Wirkungsgraden ein Perpetuum mobile zweiter Art möglich wäre. Nach *Wilhelm Ostwald* liegt die Bedeutung der Betrachtungsweise *Carnots* darin, daß „sie den wesentlichen Inhalt dessen bildet, was als der *zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie* bezeichnet wird. Als solcher hat sie in den Händen von *Clausius* und *W. Thomson* zu den wichtigsten Ergebnissen geführt." [3; S. 70]

Allerdings stützte sich *Carnot* bei seinen Annahmen und Aussagen auf eben jene, eingangs erwähnte falsche Theorie, wonach die Wärme als ein hypothetischer, unwägbarer Stoff — von dem französischen Chemiker *Antoine-Laurent Lavoisier* (1743 bis 1794) als „calorique" bezeichnet — betrachtet werden müsse, dessen Menge unzerstörbar sei. Obgleich sich u. a. schon Ende des 18. Jh. der nordamerikanische Physiker *Sir Benjamin Thompson* (1753 bis 1814), der in Bayern als Graf *Rumford* geadelt wurde, und der englische Naturwissenschaftler Sir *Humphry Davy* (1778 bis 1829) auf Grund ihrer Versuche über Reibungswärme dafür aussprachen, die Wärme als eine Art Bewegung zu betrachten, wurde die Wärmestofftheorie zur Zeit *Carnots* allgemein vertreten. In seinem Aufsatz von 1850 wies *Clausius* den von *Carnot*, aber auch von *Clapeyron* und anfänglich von *W. Thomson* vertretenen Gedanken von der Unveränderlichkeit der Gesamtmenge der Wärme zurück. Er gründete seine Auffassung auf das von dem deutschen Arzt *Julius Robert Mayer* (1814 bis 1878) schon 1842 ausgesprochene, von dem englischen Privatgelehrten *James Prescott Joule* (1818 bis 1889) 1843 experimentell bestätigte und von *Hermann von Helmholtz* (1821 bis 1894) 1847 unabhängig von *Mayer* auf alle Erscheinungsformen der Energie verallgemeinerte Äquivalenzprinzip. *Clausius*

betonte, bei „näherer Betrachtung findet man ..., dass nicht das eigentliche Grundprincip von *Carnot*, sondern nur der Zusatz, dass keine Wärme verloren gehe, der neuen Betrachtungsweise entgegensteht". [5; S. 20] Nach *Clausius'* Vorschlag wurde die spezielle Formulierung des Energieprinzips für die Thermodynamik als ihr erster Hauptsatz bezeichnet. Indem *Clausius* die grundsätzlichen Gedanken *Carnots* mit dem inzwischen allgemein anerkannten Energieprinzip in Einklang brachte, konnte er dessen Erkenntnisse zu einer präzisen Fassung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik führen.

Nach dem Äquivalenzprinzip waren die jahrhundertelangen Bemühungen, eine Maschine zu konstruieren, die ohne Energiezufuhr Arbeit zu leisten vermag — ein Perpetuum mobile erster Art —, zum Scheitern verurteilt. Schon seit 1775 lehnte es die Französische Akademie der Wissenschaften ab, angebliche Lösungen des Perpetuum mobile anzunehmen. *Carnot* hatte auch festgestellt, daß es ebenso unmöglich war, ein Perpetuum mobile zweiter Art zu bauen, etwa eine periodisch funktionierende Maschine, die nichts weiter bewirkt, als aus einem einzelnen Wärmespeicher Energie zu entziehen und diese in mechanische Arbeit umzuwandeln. Das widerspräche durchaus nicht dem Energieerhaltungssatz, da dieser nur die Äquivalenz von Wärme und mechanischer Arbeit festlegt, ohne sich dabei auf die Richtung der Naturvorgänge zu beziehen. Aber es wäre ein Verstoß gegen den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik — den Entropiesatz. Von *Clausius* wurde 1865 der Entropiebegriff in die Thermodynamik eingeführt, der die Verlaufsrichtung eines Wärmeprozesses in einem abgeschlossenen physikalischen System kennzeichnet. Die Entropie als sog. „Maß der Unordnung" eines Systems bleibt beim idealisierten, vollkommen umkehrbar gedachten Kreisprozeß konstant, wächst jedoch bei irreversiblen Prozessen ständig — praktisch sind alle Naturprozesse nicht umkehrbar — und legt damit einen Richtungssinn für alle natürlichen Vorgänge fest.

Mit dem Entropiesatz verbanden sich sehr bald umstrittene Verallgemeinerungen, wie sie etwa bei *Carnot* noch nicht entwickelt wurden. Schon mit *Clausius* beginnend, wurde der Entropiesatz in seiner Geltung verabsolutiert, auf das unendliche Universum extrapoliert und vielfach als „Wärmetod des Weltalls" ausgelegt — eine physikalisch unzulässige und philosophisch falsche Schlußfolgerung. Indem der Entropiesatz jedoch auf den irreversiblen Charakter der Naturprozesse weist, repräsentiert er eine notwendige Ergänzung zum ersten Hauptsatz der Thermodynamik. Wie *Ostwald* hervorhob, ist es „gerade diese zweite Seite jenes Satzes (vom unmöglichen Perpetuum mobile — d. Verf.), welche für den Satz von *Carnot*, ... in Frage kommt. Es entspricht somit jedem der beiden Hauptsätze der Thermodynamik eine Seite des Satzes vom unmöglichen perpetuum mobile, und zwar ist die zweite, bisher vielfach übersehene Seite in Bezug auf die Fruchtbarkeit der Anwendungen die wichtigere." [3; S. 71] Wenn *Carnot* in seinen „Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers ..." auch noch der Wärmestofftheorie folgte, so merkte er doch 1824 an, daß ihm „diese Grundlage ... nicht von unerschütterlicher Festigkeit erscheint". [3; S. 52] Nachgelassene handschriftliche Aufzeichnungen *Carnots*, die erstmalig als Anhang zu einer zweiten Auflage der Schrift *Carnots* 1878 von seinem Bruder *Lazare Hippolyte Carnot* (1801 bis 1888) veröffentlicht wurden, bezeugen, daß er seine 1824 vorgetragene Auffassung aufgab

und die Wärme als Energieform begriff. *Carnot* hatte schon versucht, das mechanische Wärmeäquivalent zu bestimmen, und gab einen Wert von 370 kpm pro Kalorie an. Er stellte diese Berechnung mindestens zehn Jahre früher an als *Mayer*, wie er überhaupt den späteren Erkenntnissen über das universell gültige Gesetz der Erhaltung der Energie nahekam. Nach *Max Planck* (1858 bis 1947) lassen *Carnots* Aufzeichnungen erkennen, daß er „sich der Konsequenzen, die aus dem Prinzip der Erhaltung der Energie für die neue Anschauung (die mechanische Wärmetheorie — d. Verf.) fließen, ebenso klar bewußt war, wie bald nach ihm *J. R. Mayer* und *J. P. Joule*". [6; S. 17]

Carnots frühzeitiger Tod unterbrach sein fruchtbares Schaffen. Mit einer ganzen Reihe von Erkenntnissen war er seiner Zeit voraus. Was an Ideen unveröffentlicht in seinem Nachlaß enthalten war, wurde später selbständig und unabhängig von ihm von anderen Wissenschaftlern entwickelt. *Carnot* war, wie *John Desmond Bernal* (1901 bis 1971) aussprach, „eins der bedeutenden verkannten Genies des 19. Jahrhunderts". [7; S. 378] Von ihm wurde auch die künftige Entwicklung solcher Wärmekraftmaschinen erahnt, wie sie Jahrzehnte später z. B. mit den Gaskraftmaschinen von *Nikolaus August Otto* (1832 bis 1891) und *Jean Joseph Etienne Lenoir* (1822 bis 1900), dem schnellaufenden Benzinmotor *Gottlieb Daimlers* (1834 bis 1900) und dem Verbrennungsmotor *Rudolf Diesels* (1858 bis 1913) realisiert worden sind. Die Forderungen der industriell-technischen Praxis hatten *Carnot* dazu geführt, mit naturwissenschaftlich-mathematischen Mitteln die Arbeitsweise der zu seiner Zeit modernen Wärmekraftmaschinen zu untersuchen und bedeutende technikwissenschaftliche Erkenntnisse zu schaffen. Seine prinzipiellen, fast vergessenen Überlegungen, die das enthalten, was später als zweiter Hauptsatz der Thermodynamik formuliert wurde, bildeten „die Grundlage eines neuen Zweiges der Wissenschaft, der Thermodynamik". [7; S. 379]

Lebensdaten zu Nicolas Léonard Sadi Carnot

1796	Am 1. Juni in Paris geboren
1812 bis 1814	Ausbildung an der „École Polytechnique"
1814	Eintritt in das Geniekorps als Unterleutnant
1819	Einstweilige Entlassung aus dem Geniekorps
1824	Erscheinen von *Carnots* einziger, zu seinen Lebzeiten veröffentlichten Schrift „Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance"
1826	Rückkehr zum aktiven Militärdienst
1828	*Carnot* verläßt endgültig die Armee und widmet sich seinen Forschungen
1832	*N. L. S. Carnot* stirbt am 24. August in Paris

Literaturverzeichnis zu Nicolas Léonard Sadi Carnot

[1] *Engels, F.:* Dialektik der Natur. In: MEW, Bd. 20. Berlin 1962.

[2] Sadi Carnot. In: Antlitze großer Schöpfer. Geplant u. eingeleitet v. B. Holzapfel. Fortgesetzt u. hrsg. von H. Balmer. Basel 1961.

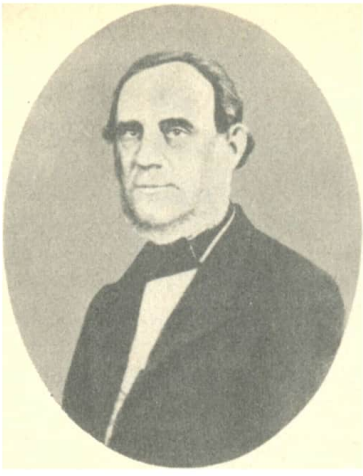
[3] *Carnot, S.:* Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers und die zur Entwicklung dieser Kraft geeigneten Maschinen (1824). Übers. und hrsg. v. W. Ostwald, Leipzig 1892 („Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften". Bd. 37, Reprint).
[4] *Clapeyron, E.:* Über die bewegende Kraft der Wärme. In: Annalen der Physik und Chemie, hrsg. von J. C. Poggendorff, Leipzig 59 (1843), S. 446—451 u. 566—586.
[5] *Clausius, R.:* Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie. Erste Abtheilung. Braunschweig 1864.
[6] *Planck, M.:* Das Prinzip der Erhaltung der Energie. 4. Aufl., Leipzig, Berlin 1921.
[7] *Bernal, J. D.:* Die Wissenschaft in der Geschichte. 3. bearb. Aufl., Berlin 1967.

Karl Karmarsch (1803 bis 1879)

Die massenhafte Anwendung von Arbeits- oder Werkzeugmaschinen, die als Kombination von Teilarbeitsmaschinen auftritt, bildet die technische Basis des maschinellen Fabriksystems. Die Umwandlung der Produktionsprozesse „in gesellschaftlich kombinierte und wissenschaftlich disponierte Produktionsprozesse" [6; S. 656] war hierbei eine „durch die Natur des Arbeitsmittels selbst diktierte technische Notwendigkeit". [6; S. 407] Die Wissenschaft Technologie, die *Johann Beckmann* (1739 bis 1811) begründete, mußte so weiterentwickelt werden, daß sie diesen „ganz objektiven Produktionsorganismus", den „der Arbeiter als fertige materielle Produktionsbedingung vorfindet" [6; S. 407], nach wissenschaftlichen Methoden vorzubereiten vermochte. Um diesem Anspruch zu genügen, mußten die konstituierenden Elemente des Produktionsprozesses „ohne alle Rücksicht auf die menschliche Hand" [6; S. 510] gefunden und systematisiert werden, da der Produktionsprozeß im maschinellen Fabriksystem die „Ersetzung der Menschenkraft durch Naturkräfte und erfahrungsgemäße Routine durch bewußte Anwendung der Naturwissenschaft bedingt". [6; S. 407] Die Entwicklung der Produktionsprozesse erforderte also objektiv die Entwicklung der Technologie zu einer Technikwissenschaft und ihre eigentliche Grundlegung. Die Wissenschaft Technologie bestätigt durch ihre Entwicklung das Wort von *Karl Marx* (1818 bis 1883): „Im Unterschied von andern Baumeistern zeichnet die Wissenschaft nicht nur Luftschlösser, sondern führt einzelne wohnliche Stockwerke des Gebäudes auf, bevor sie seinen Grundstein legt." [7; S. 43]

Karl Karmarsch, der von den Erkenntnissen *Beckmanns* und anderer Gelehrter profitieren konnte, wurde mit seinen Ergebnissen im Ausbildungsprozeß von Industriekadern und in der Industrie selbst wirksam. *Karmarschs* Detailuntersuchungen technischer Prozesse, die naturwissenschaftliche Grundlagen wie technische Erfahrungen erforderten, führten dazu, daß er die mechanische Technologie begründen und weitere Gedanken im Sinne der neuen Qualität der Technologie entwickeln konnte. Die Erfordernisse der modernen Produktion und das Wirksamwerden technologischer Erkenntnisse verlangte u. a. die Vereinheitlichung der Maße und Gewichte.

Karmarsch, der sich bewußt war, daß sich der technische Fortschritt trotz aller Erfordernisse nicht im Selbstlauf durchsetzt, hat durch sein Wirken mit dazu beigetragen, diese Entwicklung voran zu bringen.



Karl Karmarsch

„Der Technologie steht immerfort die Praxis als Führerin und Gebieterin zur Seite; was die reine Wissenschaft — sei sie Mathematik, Mechanik, Physik oder Chemie — gebiert, das sucht jene zum Vortheil menschlichen Wohlseins zu verwerthen ..." [3; S. 5] Diese Auffassung des Hochschullehrers, Technikwissenschaftlers und Technikhistorikers *Karmarsch* zeugt von seiner Vertrautheit mit der Beziehung von Praxis und Technologie und seinem bürgerlich-humanistischen Anliegen, die Ergebnisse der Wissenschaften, die letztlich über die Technologie im Produktionsprozeß wirksam werden, zum Wohl der Menschen anzuwenden.

Karmarschs historische Untersuchungen zur „Geschichte der Technologie ...", in der er u. a. die Geschichte der Industrie, der technischen Lehranstalten und der Patente für Erfindungen sachkundig abhandelt, zwangen ihn, einen politischen Standpunkt zu beziehen. Als Verfechter eines linear verstandenen wissenschaftlich-technischen Fortschritts läßt er die Anstrengungen der Arbeiterklasse nur gelten, wenn sie in Richtung des Progresses kapitalistischer Industrie eine Wirkung zeigen. Revolutionäre Bestrebungen und Handlungen des Proletariats lehnt er entschieden ab. In seiner Beschreibung der Arbeitervereine wirft er diesen ein geringes Verständnis der Weltlage vor und bezichtet sie ausschweifender politischer Zwecke. Schließlich meint er aber beruhigt: „Glücklicherweise hat ein nicht unerheblicher Theil dieser Vereinigungen sein Bestreben nach einer andern und höchst erfreulichen Richtung zu wenden gewußt. Die nach und nach durchgedrungene Überzeugung nämlich, daß das Wohl des Arbeiterstandes ... nicht durch Verfolgung politischer Hirngespinste, sondern wesentlich durch Erwerb nützlicher Kenntnisse erfolgreich zu fördern sei, hat viele Arbeitervereine dazu bewogen, den Unterricht als Hauptziel — regelmäßig neben geselliger Unterhaltung — ins Auge zu fassen ... Arbeitervereine, welche auf diesem Wege — durch Haltung von Vorträgen, Zeichenstunden, Anlegung von Bibliotheken, Veranstaltung kleiner Gewerbausstellungen, etc. — verharren, dürfen als eine edle Frucht unseres Zeitalthers gepriesen werden." [3; S. 157] Auch aufgrund dieser Einstellung blieben ihm die Aussagen von *K. Marx* und *Friedrich Engels* (1820 bis 1895) zur Entwicklung des Kapitalismus, einschließlich der Industrie verschlossen.

Titelblatt zur Karmarschs
„Geschichte der Technologie ..."

Geſchichte
der
Technologie
für die Klaſſe der mechaniſchen Induſtrie.
von
Karl Karmarſch.
München, 1872.
R. Oldenbourg.

Die wesentlichen Ergebnisse der Analyse des maschinellen Fabriksystems, wie sie von *Marx* im 1867 erstmals erschienenen ersten Band des „Kapital" dargelegt wurden, fanden in *Karmarschs* 1872 veröffentlichten „Geschichte der Technologie ..." keine Berücksichtigung. Trotzdem stellt das verdichtete Quellenmaterial, das *Karmarsch* zusammentrug, heute noch eine Fundgrube für Technikhistoriker dar. Seine Verdienste sind jedoch nicht nur auf das Gebiet der Technologiegeschichte beschränkt. *Karmarsch* gilt auch als Mitbegründer der mechanischen Technologie. [vgl. 1; Bd. III; S. 244] Diese wurde nach seinen Worten wie folgt zur Ausführung gebracht: „... wenige große Abschnitte nach dem Prinzip der speziellen Technologie zu bilden, die Einzelbehandlung aber nach der Methode der allgemeinen Technologie (doch wesentlich abweichend von *Beckmanns* und *Poppes* Ideen) zu organisieren, dabei den Details große Berücksichtigung zu schenken". [3; S. 889] *Karmarschs* Gedanken zur mechanischen Technologie, die sich in den „Grundrissen ..." bzw. dem „Handbuch der mechanischen Technologie" finden, führten über die von *Hermann Fischer* (1840 bis 1915) besorgte Überarbeitung [vgl. 4] zu einem Ordnungsprinzip der mechanischen Technologie, das von den Bearbeitungseigenschaften ausgeht, also „... die Arbeitsverfahren ohne Rücksicht auf bestimmte fertige Erzeugnisse nur im Zusammenhange mit den Eigenschaften der Rohstoffe ..." [9; S. 69f.] behandelt. Damit bereitete *Karmarsch* ein wissenschaftliches Ordnungsprinzip der Technikwissenschaft Technologie vor. Noch zu seinen Lebzeiten wurde diese Leistung anerkannt: „Die Arbeiten, welche von *Karmarsch*, seinen Mitarbeitern und Schülern durchgeführt worden sind, haben einen bleibenden Werth für alle Zeiten; sie sind von wissenschaftlichem Ernste durchdrungen, viele von ihnen sind geradezu classisch zu nennen. Sie können für alle Zukunft als *Muster* für ‚Monographien' gelten, welche an und für sich oder auch als *Beitrag* zu einem neuconstruirten wissenschaftlichen Systeme Geltung haben". [3; S. 410f.] Die sich im letzten Drittel des 19. Jh. im Prozeß und als Ergebnis der industriellen Revolution in Deutschland durchsetzende Entwicklung und die Entstehung von Industriezweigen mit bis dahin unbekannten Dimensionen erforderte eine wissenschaftliche Erforschung industriezweiggebundener Technologien, eine

Spezialisierung technikwissenschaftlicher Grundlagenforschung und eine entsprechende Vorbereitung von Kadern an technischen Hochschulen für Industrie, Lehre und Forschung. *Karmarsch*, der noch das ganze Gebiet der Technologie überblicken konnte, half durch seine wissenschaftliche Tätigkeit mit, diesen Übergang zu einer neuen Qualität technikwissenschaftlicher Arbeit in Deutschland vorzubereiten, obwohl sich erst nach ihm diese Spezialisierung voll entfaltete. Diese Vorarbeit geleistet zu haben gilt für *Karmarsch* sowohl für die auf naturwissenschaftlicher Grundlage in Verbindung mit technischen Erfahrungen gewonnenen Ansätze zur Technologie als auch für den Fortschritt von technisch orientierten Lehranstalten. *Karmarschs* Verdienst bei der Entwicklung der Höheren Gewerbeschule in Hannover zur Technischen Hochschule ist untrennbar mit seinem Leben und Wirken verbunden. Seine Lehrauffassung fand an den technischen Hochschulen Deutschlands Verbreitung und wurde u. a. von *Hermann Fischer* weiterentwickelt.

Die von *Karmarsch* geforderte Verbindung von Praxis und Technologie setzte er auf unterschiedlichsten Gebieten durch. Unter dieser Sicht sind seine Bemühungen um die Einführung des metrischen Systems in Deutschland und Österreich zu werten sowie das Bestreben, Maße und Gewichte zu vereinheitlichen. Als experimenteller Forscher untersuchte er z. B. 1832 und 1834 den Einfluß ausgeglühter Drähte auf den erforderlichen Kraftaufwand beim Drahtziehen. *Karmarsch*, der in verschiedenster Form die Entwicklung seiner Lehranstalt mit der Industrie, der Wirtschaft und dem öffentlichen Leben verband, hat als einflußreicher Hochschullehrer technische Gutachten angefertigt. Außerdem wirkte er auf deutschen und internationalen Industrieausstellungen als Jurymitglied mit, so u. a. in Paris und London. In den Wintermonaten hielt er öffentliche Vorlesungen zu technischen Problemen und wurde als Vizepräsident des 1834 gegründeten „Gewerbevereins für das Königreich Hannover" von 1835 bis zu seinem Tode wirksam, indem er u. a. die „Mitteilungen ..." des Vereins, eines der besten technischen Journale seiner Zeit, 23 Jahre redigierte und mit seinen Beiträgen versah. *Karmarsch* wurde für seine Verdienste u. a. mit der Ehrendoktorwürde der Universität Göttingen geehrt und Ehrenbürger von Hannover.

Karl Karmarsch, der am 17. Oktober 1803 in Wien als Sohn eines Schneidermeisters geboren wurde, besuchte in Wien die Volksschule und die Realakademie. 1817 begann er sein Studium am Wiener Polytechnischen Institut, wo er zuerst die kommerzielle und dann die technische Abteilung durchlief. Dieses Institut, das 1815 gegründet wurde, erhielt ein Statut, welches der Wiener Ingenieur *Johann Joseph Prechtl* (1778 bis 1854) bereits 1813 verfaßte. *Prechtl* verstand als Praktiker die Wissenschaft nicht als Selbstzweck, sondern als notwendiges Mittel für das Betreiben bürgerlichen Geschäftslebens. Auf *Prechtls* Anregung hin wurde dem Wiener Polytechnischen Institut eine Sammlung von Fabrikprodukten angeschlossen. Der 1816 berufene Professor der Technologie *Georg Altmütter* (1787 bis 1858) war der erste Leiter des Kabinetts, dem weitere technische und kommerzielle Sammlungen folgten. Unter *Altmütters* Anleitung wurden diese Sammlungen weiterentwickelt, von denen die Werkzeugsammlung des Instituts weit über die Grenzen hinweg berühmt wurde. *Altmütter* war mit dem größten dramatischen Dichter Österreichs, *Franz Grillparzer* (1791 bis 1872) eng befreundet. [vgl. 1;

Georg Altmütter

S. 16f.; 3; S. 886] *Karmarsch*, der sich selbst als einen der frühesten Schüler *Altmütters* bezeichnet — beide waren später eng befreundet —, hat mit ihm u. a. in *Prechtls* „Technologischer Encyklopädie", die 20 Bände und 5 Supplementbände umfaßt (1830 bis 1869), mehrere Stichwörter bearbeitet, technische Zeichnungen angefertigt, die den Kupfern der Veröffentlichung zugrunde gelegt wurden. Die wissenschaftlichen Aussagen *Altmütters* zur Technologie, seine Erfindertätigkeit und sein Wirken als Lehrer am Wiener Polytechnischen Institut haben *Karmarschs* Schaffen wesentlich beeinflußt. *Karmarsch*, der bereits mit 16 Jahren Assistent für mechanische Technologie wurde (er war es von 1819 bis 1823), wurde durch *Altmütter* so geschätzt, daß dieser ihn nach seiner verfrühten und mißglückten Schrift „Grundriß der Chemie nach ihrem neuesten Stande, besonders in technischer Beziehung" (1821) aufmunterte und anregte, die „Einleitung in die mechanischen Lehren der Technologie" zu schreiben, die 1825 in zwei Bänden vorlag. Dieses Werk *Karmarschs*, in dem bereits eine vergleichende Darstellung gewählt, die technische Zweck- und mechanische Mittel-Relation bewußt praktiziert wurde, ist insofern noch bemerkenswert, da hier Maschinen vorgestellt wurden, die etwa 50 Jahre später als „Maschinentypen" klassifiziert wurden. [vgl. 8; S. 53]

In freischaffender Tätigkeit mußte *Karmarsch* von 1823 bis 1830 von seinen Veröffentlichungen leben. Die Bewerbung im Jahre 1825 an der Lehrkanzel für allgemeine technische Chemie am Polytechnikum Wien scheiterte leider ebenso wie seine Aufnahme als Lehrer für Chemie an der Wiener Ritterakademie im Jahre 1828.

Als 1829 ein vom hannoverschen Ministerium beauftragter Vermittler über *Altmütter* einen Direktor und Lehrer für Chemie und Technologie suchte, um in Hannover eine polytechnisch orientierte Lehranstalt ins Leben zu rufen, konnte *Karmarsch* hoffen, diese Anstellung zu erhalten. Wie groß die Gewißheit war, geht schon daraus hervor, daß er gemeinsam mit *Altmütter* und *Prechtl* Lehrplan und Statut der hannoverschen Schule ausarbeitete. *Karmarsch* reiste nach Prag und Berlin, um sich über die dortigen Lehranstalten, ihren Aufbau und wissenschaftlichen Stand zu informieren. [vgl. 8; S. 55]

Die 1821 von *Christian Peter Wilhelm Beuth* (1781 bis 1853) gegründete Gewerbeschule in Berlin, der *Beuth* als Direktor vorstand, war für *Karmarsch* schon deshalb von Interesse, weil hier ein Mann wirkte, der die Industrialisierung Preußens vorantrieb, so u. a. die Anfänge des Maschinen- und Schiffbaus, und der mit Praktikern, Gelehrten und Künstlern — z. B. mit *Karl Friedrich Schinkel* (1781 bis 1841) — zusammenarbeitete. *Beuth*, ein preußischer Reformer, der 1813 Lützower Jäger gewesen war, wurde 1830 auch Direktor der 1799 gegründeten „Allgemeinen Bauschule", aus der 1845 die Bauakademie hervorging.

Karmarsch betont, bereits bei der Ausarbeitung der Entwürfe für die hannoversche Schule habe man die polytechnische Anstalt in höhere Gewerbeschule umbenannt, was man „für gut fand, weil inzwischen die Zöglinge der École Polytechnique in Paris beim Straßenkampfe die Barricaden vertheidigt und die Kanonen gegen die Regierungstruppen gerichtet hatten (*Karmarsch* bezieht sich hier wohl auf die Julirevolution 1830 — d. Verf.), wonach man alles Polytechnische für anrüchig erachtete". [2; S. 36]

Am 2. Mai 1831 wurde die Höhere Gewerbeschule Hannover eröffnet. Auf dieses Ereignis hatte sich *Karmarsch* intensiv und erfolgreich vorbereitet. Er blieb 45 Jahre Direktor dieser Anstalt, die 1847 doch in Polytechnische Schule umbenannt wurde.

Karmarsch hat in Hannover von 1835 bis 1844 den Heizwert der Torfe des Königreichs Hannover geprüft und dabei 234 Proben aus 42 Moorbezirken untersucht. [vgl. 2; S. 75] Die Nutzung der vorhandenen Brennstoffe war bereits damals ein wichtiges volkswirtschaftliches Problem. Auch die „fortschreitende Verminderung des Exports hannoverscher Leinwand" [2; S. 131] war Anlaß, daß *Karmarsch* gebeten wurde, ein Gutachten über die Flachsmaschinenspinnerei anzufertigen. Die von *Karmarsch* vorgeschlagene Gründung eines Vereins für die Flachsbereitung wurde zwar vollzogen, aber endete schließlich mit großen Verlusten an Aktienkapital für die Beteiligten. [vgl. 2; S. 131] Obwohl hier nicht nachvollzogen werden kann, welche Ursachen letztlich zum Untergang dieses Vereins führten, so wird doch die enge Verflechtung von Polytechnischer Schule und Industriekapital deutlich, auch wenn sich diese nur an einzelne Personen bindet.

Karmarsch hat als Direktor seiner Schule dafür gesorgt, daß neueste Erkenntnisse in den Unterrichtsplan einflossen. So wurde z. B. im Oktober 1853 die technische Chemie (chemische Technologie) als neues Lehrfach eingeführt. [vgl. 2; S. 130]

Am 24. März 1879 starb *Karmarsch* in Hannover. Neben den bereits erwähnten Verdiensten ist auf seine Werkzeugsammlung und auf weitere Veröffentlichungen zu verweisen, wie z. B. das mit *Friedrich Heeren* (1803 bis 1885) von 1843 bis 1844 gemeinsam herausgegebene „Technische Wörterbuch", die 1855 veröffentlichten „Beiträge zur Geschichte des Münzwesens" und nicht zuletzt „Die Polytechnische Schule in Hannover".

Lebensdaten zu Karl Karmarsch

1803	Am 17. Oktober in Wien geboren
1817 bis 1819	Studium am Wiener Polytechnischen Institut
1819 bis 1823	Assistent am Lehrstuhl für mechanische Technologie des Wiener Polytechnischen Instituts
1821	„Grundriß der Chemie ..."
1823 bis 1830	*Karmarsch* lebt von technisch-literarischen Arbeiten in Wien
1825	„Einleitung in die mechanischen Lehren der Technologie"
1830	Berufung zum Direktor und Hauptlehrer für Technologie und Chemie an der Höheren Gewerbeschule in Hannover
1837 bis 1841	„Grundriß der mechanischen Technologie" (spätere Auflagen unter dem Titel „Handbuch der mechanischen Technologie")
1855	„Beiträge zur Geschichte des Münzwesens"
1872	„Geschichte der Technologie ..."
1879	24. März: *Karl Karmarsch* stirbt in Hannover

Literaturverzeichnis zu Karl Karmarsch

[1] Österreichisches Biographisches Lexikon, 1815—1950. Hrsg. von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, I. Bd., Graz, Köln 1957, III. Bd., Köln, Graz 1965.

[2] *Karmarsch, K.:* Erinnerungen aus meinem Leben. Ein Lebensbild, gezeichnet nach dessen hinterlassenen Papieren mit Ergänzungen von E. Hoyer, 3. Ausg., Hannover o. J. (1879).

[3] *Karmarsch, K.:* Geschichte der Technologie seit der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts. In: Geschichte der Wissenschaften in Deutschland, Neuere Zeit, Bd. 1, München 1872.

[4] *Karmarsch, K.:* Handbuch der Mechanischen Technologie. Sechste neubearb. und erw. Aufl., bearb. von: H. Fischer. Berlin 1890.

[5] *Manegold, K.-H.:* Karl Karmarsch. In: Neue Deutsche Biographie, Bd. 11, Berlin (West) 1977.

[6] *Marx, K.:* Das Kapital. Bd. 1. In: MEW, Bd. 23. Berlin 1972.

[7] *Marx, K.:* Zur Kritik der Politischen Ökonomie. In: MEW, Bd. 13, Berlin 1974.

[8] *Treue, W.:* Festschrift zur 125-Jahrfeier der Technischen Hochschule Hannover. Braunschweig 1956.

[9] *Willkomm, O.:* Über mechanische Technologie, ihr Wesen und ihre Wertschätzung. In: Technik und Wirtschaft, Monatsschrift des VDI, Berlin 3 (1910) 2, S. 66—74.

August Borsig (1804 bis 1854)

Im Jahre 1822 waren in Deutschland lediglich zwei, 1837 schon 300 und 1851 bereits 1 100 Dampfmaschinen in Betrieb. Persönlichen Anteil an dieser Beschleunigung der industriellen Revolution in Deutschland hatte *August Borsig.* Er wurde am 23. Juni 1804 als Sohn eines Zimmermanns in Breslau geboren. Nach Besuch der einklassigen Volksschule ging er 1820 in Breslau in die Zimmermannslehre, die er mit viel Lob ob seines Fleißes und handwerklichen Könnens 1823 absolvierte. Sein Talent zur Improvisation und die stark ausgeprägte Fähigkeit, autodidaktisch zu arbeiten, zeigten sich schon beim Besuch der Kunst- und Bauhandwerkerschule während der

Lehrzeit. *Borsigs* Eltern konnten ihm aus finanziellen Gründen keine höhere Ausbildung ermöglichen. Er erhielt ein Stipendium der Regierung und wurde nach Beendigung seiner Lehre zum Studium an die Technische Gewerbeschule in Berlin delegiert. Ihr Leiter war *Christian Peter Wilhelm Beuth* (1781 bis 1853), der Mitarbeiter des preußischen Reformers *Karl August Fürst von Hardenberg* (1750 bis 1822) gewesen war.

1825 wurde *A. Borsig* von *Beuth* wegen mangelnder Kenntnisse in Chemie von der Schule verwiesen. Er vermochte die Lehrer nicht zufriedenzustellen. „*August Borsig* war offenbar von Anfang an, trotz seiner bedeutenden theoretischen Kenntnisse und Begabungen, viel mehr für die schaffende Praxis, als für die Examenarbeit begeistert." [8; S. 11] Nicht glaubhaft hingegen dürfte die Überlieferung sein, daß Borsig „für das Theoretische" „immer sehr wenig übrig gehabt" [4; S. 80] hat, weil er wegen seines Talents zur Anfertigung von technischen Zeichnungen oft belobigt wurde.

Die industrielle Revolution hat sich vorwiegend auf erfahrungsmäßiger Grundlage vollzogen. *James Hargreaves* (1740 bis 1778) war Zimmermann, *James Watt* (1736 bis 1819) war Feinmechaniker, *George Stephenson* (1781 bis 1848) Hilfsheizer bzw. Maschinenwärter. Auch *Borsig* stellt in dieser Hinsicht keine Ausnahme dar.

1825 trat Borsig in die im gleichen Jahr von *Franz Anton Egells* (1788 bis 1854) in Berlin gegründete „Neue Berliner Eisengießerei" ein. Schon 1827 „galt er als beste Kraft im Werk". [4; S. 80] Er bestach durch seine Spannkraft, Begeisterung und seinen Ideenreichtum für den technischen Fortschritt. *Egells* attestiert *Borsig* nach $1^1/_2$jähriger Tätigkeit: „Sein sittliches Betragen und Fleiss waren höchst lobens- und empfehlenswert." [8; S. 11] *Borsig* war *Egells'* erster Schüler, es folgten ihm *August Wöhlert* (1819 bis 1914) und *Karl Hoppe* (1812 bis 1898), die auch mit Pionierleistungen in die Geschichte der industriellen Revolution in Deutschland eingegangen sind.

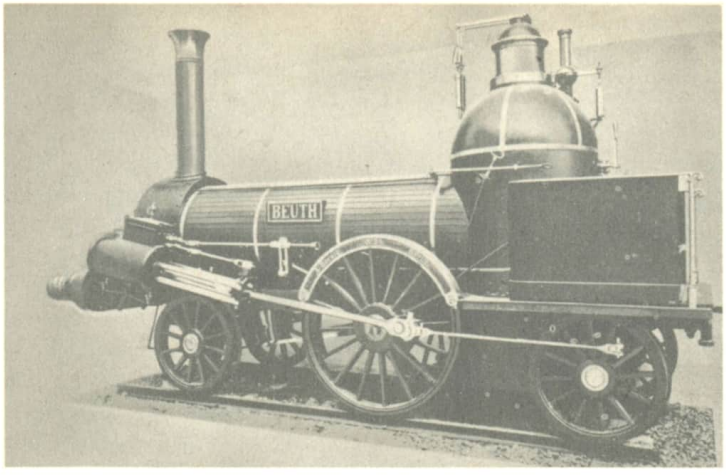
Mit der Gründung des Deutschen Zollvereins 1834, dem bei Gründung 18 deutsche Staaten angehörten, erhielt die Entwicklung der Produktivkräfte entscheidende Impulse, womit gleichzeitig ein wichtiger Schritt für die Schaffung eines politisch und wirtschaftlich geeinten Deutschlands getan wurde. Der hierdurch erreichte Abbau der Handelsschranken weitete den Markt beträchtlich aus. Gleich den später führenden Industriellen *Georg Christian Karl Henschel* (1759 bis 1835) in Kassel, *Maffei* (geb. 1790) in München oder *Louis Schwartzkopff* (1825 bis 1892) in Berlin trat *Borsig* für die Freihandelspolitik ein. *A. Borsig* erkannte, daß die Dimensionen der „Neuen Berliner Eisengießerei" zu klein waren und es Möglichkeiten zu gewaltigen Produktionserweiterungen gab. Neben dem technischen Talent und seinem Fleiß besaß *Borsig* die für sein persönliches Leben ausschlaggebende Fähigkeit, für die Erfordernisse seiner Zeit ein sicheres Gespür zu haben.

Im Jahre 1835 wurde die erste deutsche Eisenbahnlinie zwischen Nürnberg und Fürth eröffnet, der 1838 die Linie Berlin—Potsdam folgte. In dieser Zeit strebte *Borsig* die Gründung einer eigenen Firma zur Produktion von Maschinenbauerzeugnissen an. Für 10 000 Taler erwarb er zu diesem Zweck am 5. November 1836 ein 1 357 m^2 großes Gelände in der Nähe des Oranienburger Tores. Am 18. Februar 1837 schied er bei der Firma *Egells* aus und gründete mit einem Eigenkapital von 8 500 Talern und einem Fremdkapital von 59 000 Talern [5; S. 424] vor dem Oranien-

burger Tor seine eigene Firma. Bürgerliche Borsig-Biographen [vgl. 3 u. 4] versuchen glaubhaft zu machen, daß *Borsigs* „Sparsamkeit" die Quelle seines wirtschaftlichen Erfolges bildet. Historisch gesicherte Fakten verweisen solche Geschichten in den Bereich der Legenden. *Borsig* konnte lediglich auf eigene Ersparnisse in Höhe von 5 300 Talern [10; S. 8] und 3 203 Taler Abgangsprovision von der Firma *Egells* [vgl. 11; S. 234] zurückgreifen.

Der erste Eisenguß erfolgte in Borsigs Firma am 22. Juli 1837. Sogleich erhielt er für die Verlegung des Schienenstrangs von Berlin nach Potsdam einen Auftrag zur Fertigung von 116 200 Schrauben [10; S. 9] sowie für diverse Eisenwalz- und Eisengußerzeugnisse. Trotz erheblicher konjunktureller Schwankungen in der Nachfrage bei Maschinenbauerzeugnissen, z. B. im Lokomotivbau (1847: 67 Stück; 1848: 47 Stück; 1849: 13 Stück [10; S. 33]) weitete *Borsig* sein Produktionsfeld schnell aus. Seinen Erfolg begünstigten mehrere Faktoren, vor allem die objektiven Tendenzen der Produktivkraftentwicklung in der Zeit der industriellen Revolution in Deutschland von 1834 bis 1873. Entscheidenden Einfluß auf die Beschleunigung der industriellen Revolution in Deutschland hatte der Eisenbahnbau. In Preußen wurden bis 1843 866,6 km privates Eisenbahnnetz verlegt. [6; S. 241] In Deutschland wurden bis 1845 2 131 km, bis 1850 5 822 km und bis 1855 7 781 km Streckennetz errichtet. Die extensive Investitionstätigkeit *Borsigs* auf dem Gebiet des Maschinenbaus entsprach aber auch den Erfordernissen der Technologieentwicklung dieser Zeit. Denn schon in den vierziger Jahren des 19. Jh. vollzog sich die Produktion von Maschinen nicht mehr auf der alten handwerklichen Basis, sondern die Werkzeugmaschine übernahm fast vollständig die Bearbeitung der Erzeugnisse. Zum Antrieb der Werkzeugmaschinen wurde immer mehr die Dampfmaschine eingesetzt. „Im Jahre 1846 waren bereits mehr als die Hälfte der größeren Maschinenbaubetriebe, die in der preußischen Fabrikstatistik als Fabriken bezeichnet werden, mit Dampfmaschinen ausgerüstet." [2; S. 174] Außerdem wurde um 1840 auf dem Territorium des Deutschen Zollvereins der ökonomische Wettstreit der Produzenten von Rohr- und Rübenzucker zugunsten der letzteren entschieden. Diese Faktoren bewirkten vor allem, daß die Aufträge für Maschinenbauerzeugnisse in den vierziger Jahren bei *Borsig* rasch anstiegen. Natürlich ist aber der wirtschaftliche und technische Erfolg *Borsigs* nicht nur in äußeren Umständen, Bedingungen usw. begründet, sondern auch in seinem außerordentlichen Fleiß und seiner Akribie in der Arbeit. *Rudolf Anschütz*, 1837 als junger Former in der Firma *Borsig* eingetreten und bis 1896 dort als Gießereimeister und Vorarbeiter tätig, berichtet, daß *Borsig* in seinem Beruf aufging und sehr oft bis in die Nacht hinein arbeitete.

1838 produzierte *Borsig* für den Eigenbedarf die erste Dampfmaschine. 1842 schuf seine Firma die Dampfmaschine für einen Springbrunnen in Sanssouci, mit deren Hilfe eine 36 m hohe Wasserfontäne erzeugt wurde. Diese Dampfmaschine war bis 1895 in Betrieb. Das Herzstück der *Borsig*schen Produktion war aber die Lokomotivproduktion. Am 24. Juli 1841 wurde seine erste Lokomotive, die 2A1-Lokomotive „Borsig", umjubelt, als sie bei einer Wettfahrt auf der Strecke Berlin—Jüterbog ihre Überlegenheit gegenüber einem englischen Fabrikat mit einem herausgefahrenen Vorsprung von 10 min unter Beweis stellen konnte. Die „Borsig"-Lokomotive orientierte sich im Konstruktiven an den 2A-Lokomotiven „Prussia" und



Lokomotive „Beuth", in Berlin bei Borsig gebaut (1844)

„Amerika" der Firma *Norris* in Philadelphia (USA). 1842 werden 8 Lokomotiven aus *Borsigs* Produktion auf dem Anhalter Bahnhof in Berlin in Betrieb genommen. Am 29. 8. 1846 feiert man die Übergabe der 100. Lokomotive. Immerhin stammten 1842 von 245 Lokomotiven, die in Deutschland in Betrieb waren, nur 38 aus Deutschland. 166 waren englischer, 12 belgischer und 29 amerikanischer Herkunft. [2; S. 173] 1854 hatte *Borsig* 97 % des Marktes in dieser Erzeugnisgruppe erobert. [10; S. 44] Sein Unternehmen produzierte gute Qualität und billiger als die ausländischen Konkurrenten. Die letzte Lokomotive, die die Berlin-Anhaltische Eisenbahn aus Belgien bezog, kostete 12900 Reichstaler; *Borsig* verlangte für seine Ausführung 900 Reichstaler weniger. Zur weiteren Zurückdrängung des ausländischen Einflusses auf die Entwicklung der deutschen Industrie leistete *Borsig* mit der Produktion von preiswerten Lokomotiven einen entscheidenden Beitrag. Freilich hatte hierauf die Zollerhöhung für Maschinenbauerzeugnisse gegenüber der französischen, belgischen und englischen Konkurrenz merklichen Einfluß. Die Zurückdrängung der ausländischen Konkurrenten entsprach dem Interesse der Herausbildung eines nationalstaatlichen Marktes und der entstehenden deutschen Industriebourgeoisie und traf sich darin insoweit mit den Bemühungen der preußischen Monarchie um die Ausweitung ihres Einflusses in der Außenpolitik, besonders zu Lasten der damals führenden Industrieländer England und Frankreich. Kein Wunder, daß *Borsigs* Beziehungen bis ins Königshaus reichten. *Friedrich Wilhelm IV.* (1795 bis 1861) stattete am 3. 8. 1847 dem Moabiter Werk *Borsigs* einen Besuch ab. Zum Aufbau dieses Werkes in Berlin-Moabit im Jahre 1842 hatte *Borsig* sein wirtschaftlicher Erfolg ermuntert. Hier wurde 1846 auch ein Hammer- und Walzwerk errichtet. Die Königliche Seehandlungs-Societät verkaufte am 1. 11. 1850 ihre Moabiter Maschinenbauanstalt an *August Borsig*. Im eben erworbenen Betrieb wurden Maschinen, im alten Werk vor dem Oranienburger Tor („Feuerland" genannt) Lokomotiven, und im Moabiter Werk Stahl- und Walzerzeugnisse produziert. Bei *Borsig* bestellte man nach 1850 nicht nur Lokomotiven, Dampfmaschinen, sondern auch Weichen, Drehscheiben, Wasserstationen, Achsen, Räder, Walzwerkerzeugnisse und später auch Ausrüstungen für Pumpstationen der Wasserwerke.

Vorrangig für den Eigenbedarf baute *Borsig* auch Werkzeugmaschinen. 1847 hatte er 1200 [1; S. 180] und am 25. 3. 1854 zur Jubiläumsfeier der 500. Lokomotive 2000 Mitarbeiter. [4; S. 87ff.] Mit einem überdurchschnittlich hohen Verdienst nahmen die Borsigmitarbeiter, selbst unter den Metallarbeitern, eine privilegierte soziale Stellung ein. „Bei *Borsig* gelernt zu haben galt etwas", sagte ein Mitarbeiter. [4; S. 87] Es muß jedoch darauf verwiesen werden, daß sich mit dem Fortschreiten der industriellen Revolution der Index der durchschnittlichen Bruttoreallöhne von 86 (im Zeitabschnitt 1820 bis 1829) auf 69 (um das Jahr 1850) verringerte. [7; S. 79] Anfang März 1848 werden von *Borsig* 400 Arbeiter entlassen, etwa ein Drittel aller Beschäftigten.

In der Märzrevolution 1848 nahm *Borsig* als Major des 5. Bataillons der Bürgerwehr teil. Mit seinen Waffen nahm er am 30. Oktober 1848 die Nationalversammlung unter seinen Schutz.

Am 6. Juli 1854 erlag *August Borsig* einem Schlaganfall. Sein Werk wurde von seinem einzigen Sohn *August Julius Albert Borsig* (1829 bis 1879) übernommen. 1867 wurde die Fertigstellung der 2000. Lokomotive gefeiert.

August Borsigs Verdienste liegen nicht in erster Linie auf dem Gebiet der Erfindertätigkeit, wenngleich er auch z. B. 1840 ein Patent für einen Kessel mit Überhitzer zugesprochen bekam. Er verstand es aber ausgezeichnet, sein handwerkliches Können und seine technischen Erfahrungen mit dem technischen Wissen seiner Zeit zu kombinieren, und, was ganz entscheidend ist, in einem Umfang fruchtbar zu machen, daß Borsig zu Recht als Mitbegründer der modernen deutschen Eisenindustrie gilt und als „Lokomotivenkönig" in die Geschichte der Produktivkraftentwicklung in Deutschland eingegangen ist.

Lebensdaten zu August Borsig

1804	Am 23. Juni in Breslau geboren
1820 bis 1823	Zimmermannslehre
1823 bis 1825	Besuch des Gewerbeinstituts in Berlin ohne Abschluß
1825	Aufnahme der Tätigkeit als Techniker in der *Egells*schen „Neuen Berliner Eisengießerei"
1837	Gründung einer eigenen Maschinenfirma mit 50 Mitarbeitern
1837	22. Juli, erster Eisenguß bei *Borsig*
1841	24. Juli, erste erfolgreiche Probefahrt der *Borsig*-Lokomotive
1846	Auftrag für den Bau eines Hammer- und Walzwerkes in Berlin-Moabit
1846	100. Lokomotive der *Borsig*-Firma
1848	Teilnahme an der Märzrevolution in Berlin als Major der Bürgergarde
1854	500. Lokomotive „Greif"
1854	*August Borsig* am 6. Juli verstorben

Literaturverzeichnis zu August Borsig

[1] Allgemeine Deutsche Biographie. Bd. 3, Berlin 1876.

[2] *Mottek, H.:* Wirtschaftsgeschichte Deutschlands. Band II: Von der Zeit der Französischen Revolution bis zur Zeit der Bismarckschen Reichsgründung. Berlin 1978.

[3] *Jahnke, H.:* August Borsig der Lokomotivenkönig. Leipzig 1893.
[4] *Quadt, E.:* Deutsche Industrie-Pioniere. Der Aufbruch des technischen Zeitalters. Berlin 1940.
[5] *Baar, L.:* Die Entwicklung der Berliner Industrie in der Periode der industriellen Revolution. Diss., Hochschule für Ökonomie Berlin-Karlshorst, Berlin 1961.
[6] *Sombart, W.:* Die deutsche Volkswirtschaft im neunzehnten Jahrhundert und im Anfang des 20. Jahrhunderts. Berlin 1921.
[7] *Kuczynski, J.:* Vier Revolutionen der Produktivkräfte — Theorie und Vergleiche. Berlin 1975.
[8] *Krause, M.:* A. Borsig, Berlin, 1837—1902. Festschrift zur Feier der 5000sten Lokomotive. Berlin-Tegel 21. 6. 1902.
[9] 100 Jahre Borsig Lokomotiven, 1837—1937. Hrsg. von den Borsig-Lokomotivwerken GmbH, 1937.
[10] *Köhler, F.:* Borsig der eiserne Vorarbeiter. Leipzig, Berlin, o. J. (etwa 1941).
[11] Schlesische Lebensbilder. Hrsg. von der Historischen Kommission für Schlesien, Bd. 2, Schlesien des 18. und 19. Jahrhunderts, Breslau 1926.

Julius Ludwig Weisbach (1806 bis 1871)

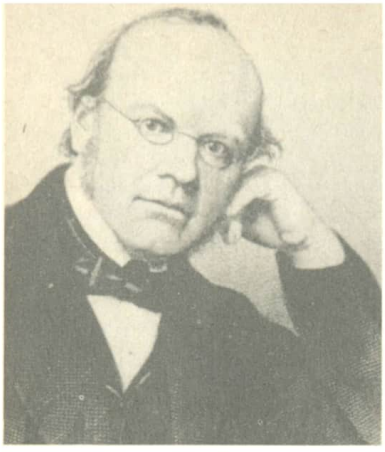
Julius Ludwig Weisbach, um die Mitte des 19. Jh. Professor der Maschinenkunde an der Bergakademie Freiberg, verdeutlicht mit seinem technikwissenschaftlichen Lebenswerk eine entscheidende Entwicklungsetappe des Maschinenwesens überhaupt. Bis um 1800 stellten die Maschinen des Bergbaus die am weitesten entwickelten Maschinen dar. Erinnert sei an die von *Georgius Agricola* (1494 bis 1555) zeichnerisch überlieferten Bergwerksmaschinen des 16. Jh. und an die Rolle des Bergbaus bei der Entwicklung der Dampfmaschine im 18. Jh.

Im Zuge der industriellen Revolution und durch diese verursacht entwickelte sich ab etwa 1800 der Maschinenbau als selbständiger Industriezweig, der auch eigene wissenschaftliche Grundlagen benötigte. Im 19. und noch mehr im 20. Jh. wurden deshalb nicht wie früher Bergbau-Ingenieure Pioniere des Maschinenbaus, sondern fanden umgekehrt Maschinen-Ingenieure ihr Tätigkeitsfeld im Bergbau. War zuvor der Bergbau Geburtsstätte des Maschinenbaus, so befruchtete dieser nun selbständig den Bergbau.

Weisbachs Tätigkeit lag zeitlich und inhaltlich in der Periode des Übergangs zwischen den beiden genannten Epochen. Er kam aus dem Bergbau und Hüttenwesen Sachsens und war jahrzehntelang als Hochschullehrer an der Bergakademie Freiberg tätig. Zudem sammelte er aber auch schon zielgerichtet Erfahrungen und Kenntnisse bei denen, die die wissenschaftlichen Grundlagen des allgemeinen Maschinenwesens schufen und trug durch ein klassisches Lehrbuch der Maschinentechnik selbst zur Herausbildung einer selbständigen Maschinenwissenschaft bei.

Julius Ludwig Weisbach wurde am 10. August 1806 in Mittelschmiedeberg bei Annaberg im Erzgebirge geboren. Sein Vater war als Schichtmeister leitender Beamter des Hammerwerks in Mittelschmiedeberg, das man sich als kleines Eisenhüttenwerk mit Hochofen, Frischfeuer und dem eigentlichen Hammerwerk vor-

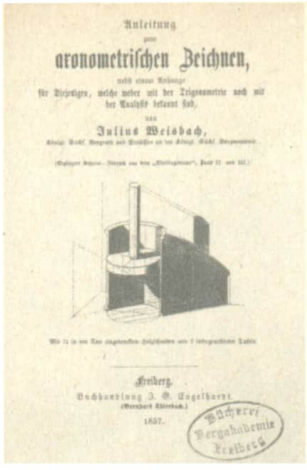
Julius Weisbach



stellen muß. Der junge *Julius Weisbach* — er war das achte Kind der Familie — erlebte also schon in der Jugend die Verarbeitung des erzgebirgischen Eisenerzes in seiner unmittelbaren Umgebung. Den Silberbergbau lernte er damals in den nahegelegenen Revieren Annaberg und Marienberg kennen. Trotz der beschränkten finanziellen Verhältnisse der Familie ermöglichte der Vater dem Jungen den Besuch der höheren Schule in Annaberg.

Mit 14 Jahren wurde *J. Weisbach* in die Freiberger Bergschule aufgenommen, die Steiger und Obersteiger für den sächsischen Erzbergbau auszubilden hatte. Wie im Lehrplan der Bergschule festgelegt, absolvierte er dort den Unterricht in Mathematik, Naturwissenschaften, Grammatik und deutschem Stil und arbeitet zugleich als Bergmann auf der Freiberger Grube Methusalem. Auf Grund seiner guten Leistungen wurde er 1822 zum Studium an der Freiberger Bergakademie angenommen. Als Ziel die Laufbahn des Hochschullehrers vor Augen, ergänzte er nach Abschluß des Studiums in Freiberg seine Kenntnisse durch weitere Studien in Göttingen und Wien. So hörte er u. a. Mathematik bei *Carl Friedrich Gauß* (1777 bis 1855) und Naturwissenschaften bei *Johann Friedrich Blumenbach* (1752 bis 1840). Besonders die Studien bei *Gauß* waren entscheidend für seine späteren eigenen wissenschaftlichen Leistungen. Im Auftrag des Freiberger Oberbergamts, dem auch die Bergakademie und damit ihr Absolvent *Weisbach* unterstand, unternahm er 1830 eine Studienreise in die Bergbauorte Österreichs und Ungarns. Damit war seine Ausbildung abgeschlossen.'

Trotz seiner sehr guten Beurteilung durch den im Oberbergamt tätigen Maschinendirektor *Christian Friedrich Brendel* (1776 bis 1861) gab es vorerst keine Möglichkeit, *Weisbach* an der Bergakademie einzustellen. Ein Stellenangebot des Eisenhüttenwerkes Lauchhammer nahm er aber dennoch nicht an, sondern blieb in Freiberg, gab Privatstunden und schließlich am Freiberger Gymnasium Mathematik-Unterricht — in der festen Hoffnung, doch noch eine Stelle an der Bergakademie Freiberg zu erhalten. 1832 wurde er beauftragt, an dieser Hochschule die Mathematik-Vorlesung für den erkrankten Professor *Daniel Friedrich Hecht* (1777 bis 1833) zu Ende zu führen, der mehrere Lehrbücher über Mathematik und


Anleitung
zum
axonometrischen Zeichnen,
nebst einem Anhange
für Diejenigen, welche weder mit der Trigonometrie noch mit der Analysis bekannt sind,
von
Julius Weisbach,
Freiberg.
Buchhandlung J. G. Engelhardt
1857.

Titelblatt zu Weisbachs „Anleitung zum axonometrischen Zeichnen"

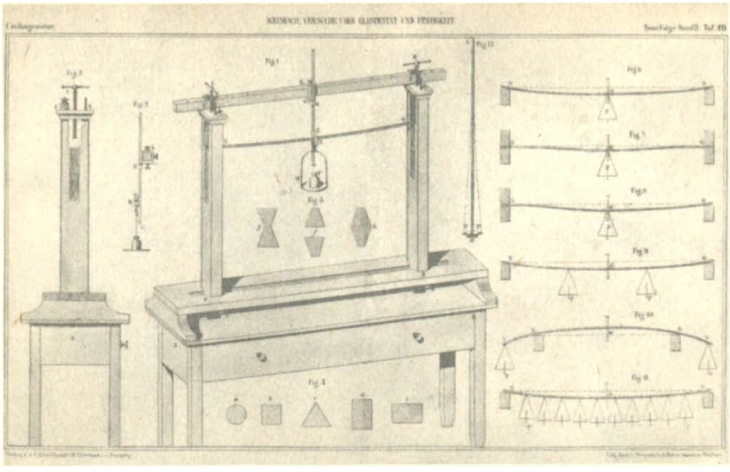
Lehrbuch
der
Ingenieur- und Maschinen-Mechanik.
für den
Unterricht an technischen Lehranstalten
sowie zum
Gebrauche für Techniker
bearbeitet
von
Julius Weisbach,
In drei Theilen.
Erster Theil.
Theoretische Mechanik.
Zweite, verbesserte und vervollständigte Auflage.
Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1850.

Titelblatt zu Weisbachs „Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik"

Mechanik verfaßt hatte. Im gleichen Jahr heiratete er. Nach *Hechts* Tod wurde *J. Weisbach* 1833 als Lehrer für angewandte Mathematik und Bergmaschinenlehre an die Bergakademie berufen. Später übernahm er auch Vorlesungen über Markscheidekunde, Darstellende Geometrie und Kristallographie. *Weisbach* wirkte in seiner Stellung als Hochschullehrer bis 1871, also fast vierzig Jahre lang, mit großem Erfolg für mehrere technische Wissenschaften, für die Bergakademie und für zahlreiche Studenten, die von ihm für eine erfolgreiche Ingenieurtätigkeit in der industriellen Praxis vorbereitet wurden.

Auf allen Gebieten, die *Weisbach* an der Bergakademie in Lehre und Forschung zu vertreten hatte, lieferte er wissenschaftliche Leistungen von bleibendem Wert, und zwar einerseits Lehrbücher, die vielen Studentenjahrgängen als Grundlagen für das Studium dienten, andererseits Methoden für die Lösung ingenieurtechnischer Probleme, die ebenfalls jahrzehntelang galten und z. T. noch heute von Bedeutung sind. Die Anwendung der Mathematik in den Technikwissenschaften förderte *Weisbach* durch sein Lehrbuch „Die ersten Grundlehren der höheren Analysis oder Differential- und Integralrechnung" (1849). In den mathematischen Wissenschaften wirkte er bahnbrechend für die Darstellende Geometrie. Für dieses Gebiet entwickelte er Methoden für das „axonometrische Zeichnen", das besonders für die Darstellung von Kristallformen und Maschinen Bedeutung erlangte.

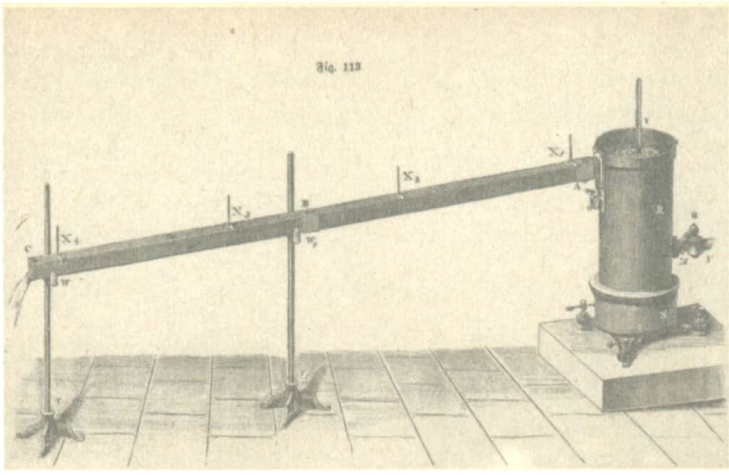
Zwei der wichtigsten Gebiete, die *Weisbach* mathematisch bearbeitete, waren die technische Mechanik und die Maschinenlehre. Bezeichnend dafür ist, wie sich in *Weisbachs* Werk die Verallgemeinerung der technischen Mechanik und der Maschinenlehre zeigt: In den Jahren 1835/36 erschien sein „Handbuch der Bergmaschinenmechanik", also die Anwendung der Mathematik auf die Mechanik der Bergbaumaschinen. Mit seinem Hauptwerk, dem „Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik" (1845/1863) überwand er die Einschränkung auf den Bergbau, schuf ein Lehrbuch, das für das Maschinenwesen in allen Industriezweigen galt und jahrzehntelang Standardlehrbuch für die Ingenieur-Ausbildung im In- und Ausland sowie ein viel benutztes Handbuch für die Ingenieurpraxis war. Es wurde ins Englische, Russische, Schwedische, Italienische, Französische, Spanische und



Versuchsanordnung für die Durchbiegung von Stäben

Polnische übersetzt. Mit diesem Buch wurde *Weisbach* zum Mitbegründer der Maschinenlehre als Wissenschaft. Das Werk enthält mathematische Ableitungen der Mechanik und der einzelnen Maschinen. Mit der Darstellung vorbildlich konstruierter Maschinen und ihrer mathematischen Behandlung förderte er unter den Praktikern das theoretisch fundierte Konstruieren. Bemerkenswert ist dabei sein Bestreben, in der Mechanik und Maschinenlehre ohne höhere Mathematik auszukommen, obwohl diese damals durchaus verfügbar war und *Weisbach* zur Genüge gezeigt hatte, daß er sie beherrschte und auch auf die Technik anzuwenden verstand. Vom Standpunkt unserer Zeit her mag *Weisbachs* Bestreben zunächst als fragwürdig erscheinen. Doch waren seine Überlegungen zu seiner Zeit richtig und haben auch heute noch eine gewisse Bedeutung. Während in der Physik und physikalischen Mechanik die Naturphänomene abstrakt behandelt und dabei nur mit den Mitteln der höheren Mathematik erfaßt werden können, sind technische Gebilde und Projekte meist so komplex und von so vielen Einflußfaktoren abhängig, daß die realen Sachverhalte mit einfacheren Näherungsrechnungen hinreichend gut und schneller zu bearbeiten sind. Einen weiteren Grund für seine Art der Darstellung sah *Weisbach* in der Vorbildung seiner Studenten und der Praktiker. Er schreibt darüber: „Mein Hauptstreben bei Bearbeitung dieses Werkes bestand in dem Erzielen der größten Einfachheit bei der Entwickelung und Beweisführung, und nächstens darin, alle in der Anwendung auf die Praxis wichtigen Sätze nur mit Hilfe der niederen Mathematik abzuhandeln. Wenn man berücksichtigt, welche mannigfachen Kenntnisse ein Techniker sich anzueignen hat, um in seinem Fache etwas Tüchtiges zu leisten, so muß es uns — als Lehrer für Techniker — eine Pflicht sein, das gründliche Studium der Wissenschaft durch Vereinfachung im Vortrag, durch Beseitigung alles Überflüssigen und durch Anwendung der bekanntesten und zugänglichsten Hilfslehren zu erleichtern." [1; S. 82]

Mit diesen Prinzipien der Darstellung ist der Erfolg zu erklären, den *Weisbach* mit seinem Lehrbuch und auch mit seinen Vorlesungen erzielte. Besondere Aufmerksamkeit widmete *Weisbach* in der technischen Mechanik den Teilgebieten der Reibung und der Festigkeitslehre. Er berechnete die Reibung in Keilnuten sowie



Versuchsapparatur zur Messung des Strömungswiderstandes

die Reibung von Zapfen und Wellen in ihren Lagern. In der Festigkeitslehre entwickelte er eine „Theorie der zusammengesetzten Festigkeit" (1848) und führte mit selbst entwickelten Apparaten Festigkeitsversuche durch. *Weisbach* bestimmte auch die Durchbiegung belasteter Balkenträger aus verschiedenem Material bei verschiedenen Querschnitten.

Berühmt wurde *Weisbach* vor allem durch seine Arbeiten zur Hydraulik. Da die Wasserkraftmaschinen — Wasserräder, Turbinen und Wassersäulenmaschinen — noch im 19. Jh. als Antriebsmaschinen im Bergbau u. a. Industriezweigen eine große Rolle spielten, waren zu Weisbachs Zeit Forschungen zur Hydraulik eine wesentliche Vorbedingung für die wissenschaftliche Fundierung der Maschinenkonstruktionen und der Maschinenlehre überhaupt. *Weisbach* löste die Aufgabe, indem er eine Apparatur für die unterschiedlichsten Strömungsversuche entwickelte, Versuche über den Strömungswiderstand bzw. Druckverlust von Kniestücken, Krümmern, Ventilen und Klappen durchführte, dabei u. a. die Querschnitte variierte und aus dem umfangreichen Datenmaterial Formeln ableitete. Dadurch fand er gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen dem Querschnitt, der Zuströmgeschwindigkeit, den Durchflußmengen und der Beschaffenheit der betrachteten technischen Einrichtung. Als Kenngröße ausfließender Strahlen mußte er dabei die „Kontraktionszahl" aufstellen und für verschiedene Bedingungen bestimmen. Weiter ermittelte er mit einem Geschwindigkeitsbeiwert den bei der Strömung auftretenden Energieverlust und entwickelte dazu die heute noch gebräuchliche Kenngröße „Widerstandszahl". Wenn *Weisbach* mit seinen Erkenntnissen den „hydraulischen Stoß eines isolierten Wasserstrahles auf verschieden geformte Auftreff-Flächen" [1; S. 98] berechnet, so erkennen wir darin den bei den damaligen Turbinen gegebenen technischen Sachverhalt. *Julius Weisbach* wird heute noch als einer der Begründer der technischen Strömungslehre angesehen. Seine Arbeitsweise — die Durchführung gezielter und auf Verhältnisse der Praxis abgestimmter Versuchsreihen und Auswertung des Datenmaterials zur Gewinnung von Formeln, Kennlinien und Kenngrößen — entspricht der auch heute noch weithin üblichen und aktuellen Forschungsmethodik in den Technikwissenschaften.

Besondere Bedeutung für den Bergbau seiner Zeit erlangte *Weisbach* als Begründer der „neuen Markscheidekunst". Mit dieser schuf er die Grundlagen für das moderne Vermessungswesen im Bergbau über und unter Tage. Diese Arbeiten *Weisbachs* waren durch das Projekt und den Bau des Rothschönberger Stollns besonders aktuell. Die Freiberger Gruben litten um 1820 bis 1850 unter starkem Zufluß von Grundwasser und unter Mangel an Energie, um dieses Wasser durch Pumpen zu heben. Der Einsatz von Dampfmaschinen war durch die hohen Kosten des erforderlichen Kohle-Transportes mit Pferdefuhrwerk bis Freiberg damals außerordentlich unwirtschaftlich.

Man beschloß deshalb, vom Triebischtal bei Rothschönberg (Kreis Meißen) aus einen etwa 14 km langen Stolln ins Freiberger Revier vorzutreiben, der die Gruben etwa 200 bis 300 m unter der Geländeoberfläche erreichte und dem Grundwasser einen tieferen Abfluß ermöglichte. Außerdem stand dann von der Gelände-Oberfläche bis zum Niveau des Rothschönberger Stollns ein großer Höhenunterschied zur Verfügung, in dem man mit dem Wasser der bergbaulichen Kunstgräben zahlreiche Wasserräder, Turbinen und Wassersäulenmaschinen betreiben konnte. Der Rothschönberger Stolln hatte für den Freiberger Bergbau damals also entscheidende Bedeutung. Er wurde 1838 bis 1844 projektiert und 1844 bis 1877 gebaut. Dabei waren komplizierte Vermessungsarbeiten durchzuführen. Der Stolln wurde von dem Mundloch und acht Schächten, den sog. Lichtlöchern aus vorgetrieben. Nachdem Mundloch und Lichtlöcher an der Erdoberfläche exakt eingemessen waren, mußte in den Lichtlöchern genau die Tiefe bestimmt werden, von der aus der Stollnvortrieb nach beiden Seiten anzusetzen war. Ferner mußte die Richtung des Stollnvortriebs von über Tage nach unter Tage so präzise übertragen werden, daß zwei sich begegnende Stollnörter sich auch wirklich trafen, und zwar mit möglichst geringer Abweichung nach der Seite und nach der Höhe. Welche Präzision in der Vermessungsarbeit notwendig war, kann man sich vorstellen, wenn man bedenkt, daß für die Richtungsübertragung nach unter Tage nur die Lichtlochschächte zur Verfügung standen, diese nur wenige Meter Durchmesser hatten, aber etwa 1,5 km voneinander entfernt lagen. Schon bei einem Richtungsfehler von 0,3 Grad in einem Lichtloch wären sich zwei Stollnörter überhaupt nicht begegnet! Die Vermessungsarbeiten am Rothschönberger Stolln waren jedoch so genau, daß sich sämtliche Stollnörter getroffen haben, und zwar mit nur wenigen Dezimetern Abweichung nach Seite und Höhe.

Für die Vermessungsarbeiten am Rothschönberger Stolln hatte *Weisbach* statt der alten Methode mit dem Kompaß die Anwendung des Theodoliten, also eines Visierinstrumentes, vorgeschlagen. Das Oberbergamt wollte jedoch bei dem großen Unternehmen nicht das Risiko einer Neuerung eingehen und ordnete die Anwendung des Kompasses an. Da unternahm *Weisbach* parallel dazu auf eigene Kosten die Vermessung des Stollns mit dem Theodoliten und die Richtungsübertragung von der Erdoberfläche nach unter Tage durch die Lichtlöcher mit Hilfe doppelter Lote. Damit wies er die höhere Genauigkeit der Theodolit-Messung und der Schacht-Doppellotung so überzeugend nach, daß seine „neue Markscheidekunst" nicht nur künftighin beim Rothschönberger Stolln, sondern allgemein im Bergbau angewendet wurde. Sie ist noch heute eine wichtige Grundlage des bergmännischen Vermessungswesens. *Weisbach* selbst bildete zahlreiche Studentenjahrgänge in der von ihm

Weisbach mit Studenten bei vermessungstechnischen Übungen unter Tage

reformierten Vermessungstechnik aus. Dabei machte er mit seinen Studenten entsprechende Übungen über und unter Tage.

Auf Grund dieser Erfolge in der Entwicklung der Vermessungstechnik wurde *Julius Weisbach* 1865 von der Regierung Sachsens beauftragt, den sächsischen Anteil der damals beschlossenen Arbeiten zur „Mitteleuropäischen Gradmessung" zu leiten. Darüber wurde noch 1931 und 1956 in der Literatur geurteilt: „Die erste Haupt- und Landesnivellierung von Sachsen ist das Werk von Julius Weisbach, dem Klassiker der Markscheidekunst, und (nach dessen Tod) von Christian August *Nagel*, dem großen Geodäten". [1; S. 145] *Nagel* (1821 bis 1903) war Professor für Geodäsie am damaligen Polytechnikum Dresden. Im Jahre 1860 wurde *Julius Ludwig Weisbach* das erste Ehrenmitglied des 1856 begründeten „Vereins Deutscher Ingenieure", der damals durch die Verbreitung technikwissenschaftlicher Kenntnisse progressiv für die Entwicklung der Produktivkräfte wirkte.

Lebensdaten zu Julius Ludwig Weisbach

1806	Am 10. August in Mittelschmiedeberg bei Annaberg (Erzgebirge) geboren
1820 bis 1822	Besuch der Bergschule Freiberg und praktische Arbeit im Bergbau
1822 bis 1826	Student an der Bergakademie Freiberg
1827 bis 1829	Student an den Universitäten Göttingen und Wien
1831	Mathematik-Lehrer am Gymnasium Freiberg
1833	Berufung an die Bergakademie Freiberg als Lehrer für angewandte Mathematik und Bergmaschinenlehre
1834	Lehrauftrag für Markscheidekunde
1835/1836	„Handbuch der Bergmaschinen-Mechanik"
1836	*J. L. Weisbach* erhält den Professorentitel
1844	Vermessungsarbeiten für den im Freiberger Revier geplanten Rothschönberger Stolln
1845 bis 1863	„Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik"
1848	Veröffentlichung über die „Theorie der zusammengesetzten Festigkeit"

1851 bis 1859	„Die neue Markscheidekunst"
1855	„Experimental-Hydraulik"
1857	„Anleitung zum axonometrischen Zeichnen"
1859	Ehrendoktor der Universität Leipzig
1860	*J. L. Weisbach* erhält die Leitung des sächsischen Anteils der damals neu gegründeten europäischen Gradmessung
1860	Erstes Ehrenmitglied im „Verein Deutscher Ingenieure"
1865 bis 1871	Arbeiten am Landesnivellement für Sachsen
1871	Am 24. Februar verstirbt *Julius Ludwig Weisbach* in Freiberg

Literaturverzeichnis zu Julius Ludwig Weisbach

[1] *Beck, W.*, u. a.: Julius Weisbach. Gedenkschrift zu seinem 150. Geburtstag. Freiberger Forschungsheft D 16, Berlin 1956.

[2] *Rühlmann, W.*: Vorträge über die Geschichte der technischen Mechanik und die damit in Zusammenhang stehenden mathematischen Wissenschaften. Leipzig 1865.

[3] *Schiffner, C.*: Aus dem Leben alter Freiberger Bergstudenten. Freiberg 1935, S. 80—83.

[4] *Undeutsch, H.*: Zum Gedächtnis an den Oberbergrat Professor Weisbach anläßlich seiner 100jährigen Geburtstagsfeier. Freiberg 1906.

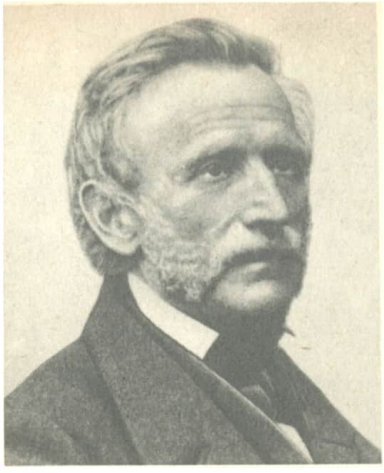
[5] *Wächtler, E.*, u. a.: Bergakademie Freiberg. Festschrift zu ihrer Zweihundertjahrfeier. Leipzig 1965.

Johann Andreas Schubert (1808 bis 1870)

Schuberts Lebensdaten begrenzen in der deutschen Wirtschaftsgeschichte eine Periode, die wie keine andere zuvor revolutionäre Wandlungen im System der produktiven Kräfte bewirkte: die industrielle Revolution.

Als *Schubert* starb, begann Deutschland ein kapitalistisches Industrieland ersten Ranges zu werden. Stimuliert vom Eisenbahnbau, hatte es sich in der Kohle- und Stahlgewinnung England genähert. Der deutsche Maschinenbau, das Herzstück der Industrialisierung, begann erfolgreich mit dem der „Werkstatt der Welt" zu konkurrieren.

Gleich anderen Pionieren der Technik, wie *August Borsig* (1804 bis 1854) und *Joseph von Fraunhofer* (1787 bis 1826), kam *Schubert* aus den sog. untersten Schichten des Volkes. Als achtes Kind in einem „Armeleutehaus" in Wernesgrün (Vogtland) am 19. März 1808 geboren, wäre es ihm, hätte nicht der Zufall in Gestalt reicher Pflegeeltern in sein Leben eingegriffen, nicht möglich gewesen, sowohl eine hervorragende Schulbildung zu genießen als auch technische Studien zu betreiben. Eine Ausbildung an der Bauschule der Akademie für bildende Künste in Dresden machte ihn mit der Baupraxis der damaligen Zeit bekannt. Sein Mathematiklehrer war Prof. *Gotthelf August Fischer* (1763 bis 1832). Ihm dankte *Schubert* eine über das normale Maß hinausgehende Ausbildung auf bestimmten Gebieten der höheren Mathematik, der Statik und der mechanischen Technologie. *Fischer* lenkte auch den Blick *Schuberts* auf die sich an der École Polytechnique vollziehende Verwissenschaftlichung des Bauwesens. Voller Eifer erlernte *Schubert* die französische und die englische Sprache. Die eine eröffnete ihm den Zugang zur modernen Theorie der



Johann Andreas Schubert

Mechanik, die andere ermöglichte das Kennenlernen der hochentwickelten englischen Technik.

Als am 1. Mai 1828 die Technische Bildungsanstalt zu Dresden gegründet wurde, übernahm *Schubert* den Unterricht in Buchhaltung, wurde als Famulus des Mathematiklehrers mit Lehraufgaben betraut und im Jahre 1830 als Lehrer für konstruierende Geometrie und Mechanik eingesetzt. Sein Bestreben, sich umfassend zu informieren, neueste Kenntnisse im Maschinenbau zu erwerben und sie anzuwenden, trug mit dazu bei, daß die Schule nicht in den Bahnen einer Gewerbeausbildung erstarrte.

Was die Praxis Lehrenden wie Lernenden an dieser technischen Bildungseinrichtung abforderte, überschritt noch keinesfalls die Grenzen des Stoffes, den eine technische Mittelschule zu vermitteln hatte. Die Lehrpläne trugen noch das Merkmal der Improvisation und waren der Wissens- und Erfahrungssubstanz der Lehrer angepaßt. Lehrkräfte, die sich als Praktiker des Maschinenbaus bereits einen Namen erworben hatten, gab es damals, von wenigen Ausnahmen abgesehen, weder in Sachsen noch in einem anderen deutschen Land. So mußte man froh sein, wenn sich ein Kandidat für eines der Lehrämter fand, der wenigstens eine solide handwerkliche Ausbildung genossen hatte, wie sie in den wenigen mechanischen Werkstätten erworben werden konnte. Beim Hofmechanikus *Rudolf Sigismund Blochmann* (1784 bis 1871), dem Mitbegründer der Technischen Bildungsanstalt Dresden, hatte *Schubert* viel gelernt. Es spricht für *Schuberts* Bildungseifer, wenn es ihm binnen kurzer Zeit gelang, sich im wesentlichen im Selbststudium soviel Wissen anzueignen, daß er wöchentlich mindestens 20 Stunden in den Fächern Mathematik, Statik, Dynamik, Hydrostatik und -mechanik, Mechanik und Buchhaltung unterrichten konnte.

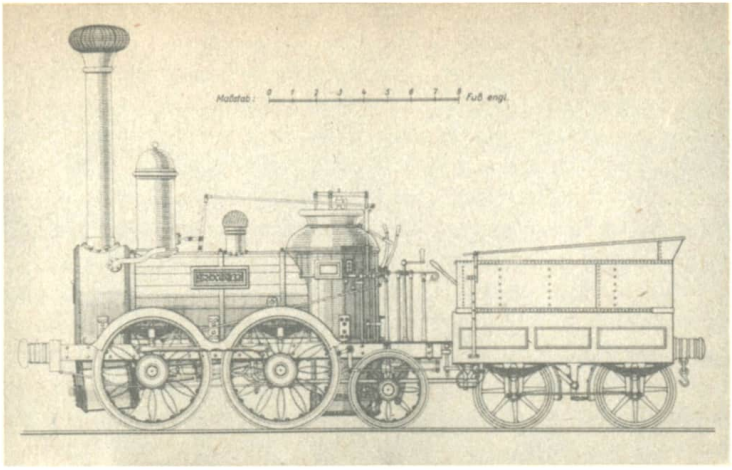
Schubert war nicht nur Lehrer und Theoretiker. Wenn sich viele seiner Schüler später zu außerordentlich qualifizierten Kräften von Rang und Namen entwickelten, dann nicht zuletzt deshalb, weil ihr Lehrer stets darauf bedacht war, die Theorie an der Praxis zu überprüfen und diese mit eigenen technischen Leistungen zu befruchten. Im Bewußtsein seiner Leistungen stellte *Schubert* später fest, er habe

sich stets bemüht, „die Mathematik-Wissenschaft nicht bloß als Wissenschaft an sich, wie dies leider selbst an Gewerbeschulen noch oft geschieht, sondern zugleich in mannigfachster Beziehung auf das Leben vorzutragen, was mir nur dadurch möglich wurde, daß ich die bequemere Methode, in der Stube zu studieren verließ und mich mit der Anwendung meiner Wissenschaft selbst ... befreundete". [7; Bl. 244 f.]

1834 beschloß die sächsische Regierung, deren Bürokratie das technische Schulwesen als ein Mittel erkannt hatte, den Feudalstaat aus der wirtschaftlichen Krise herauszuführen, *Schubert* eine Studienreise nach England zu ermöglichen. Daß man *Schubert* auswählte, der zudem im Jahre 1832 zum Professor ernannt worden war, beweist, daß er sich neben *Julius Weisbach* (1806 bis 1871) in Freiberg einen guten Ruf als Kenner des Maschinenbaus erworben hatte. Als *Schubert* seine Reise antrat, war England in die Phase des vollentwickelten Kapitalismus eingetreten, und der junge Wissenschaftler konnte am Objekt beobachten, welche Möglichkeiten der modernen Technik innewohnen. Er sah aber auch die Schattenseiten der kapitalistischen Industrialisierung, jene Verhältnisse furchtbarer Armut, des Elends und moralischer Degradation, wie sie *Friedrich Engels* (1820 bis 1895) ein Jahrzehnt später in seinem Buch „Die Lage der arbeitenden Klasse in England" (1845) skizzierte.

Nach Sachsen zurückgekehrt, erstattete *Schubert* dem Ministerium des Innern einen Reisebericht, der mit der Bemerkung schloß, man könne das englische Vorbild mit eigenen Kräften erreichen und wohl auch übertreffen. Das ist erstaunlich, wenn man sich des Abstandes bewußt ist, den die deutsche industrielle Entwicklung von der englischen trennte, und sich vor Augen führt, wie die staatliche Zersplitterung den industriellen Aufstieg Deutschlands hemmte. Mit seinem Optimismus stand aber *Schubert* nicht allein. Die Begeisterung für die moderne Technik beflügelte eine ganze Generation deutscher Techniker, so groß die Mißhelligkeiten zunächst auch waren. „Ich habe für das erste in Deutschland erbaute Lokomotiv alle nötigen Teile selbst anfertigen lassen, was mir bis jetzt noch niemand in Deutschland nachzutun gewagt hat ... Kein einziger Arbeiter war mir zur Hand, der jemals an einem derartigen Stücke gearbeitet hatte". [7; Bl. 244 f.] Mit diesen Worten wandte sich *Schubert* 1838 an die sächsische Regierung, von der er sich Unterstützung bei dem Bemühen erhoffte, der damals noch übermächtigen englischen Konkurrenz mit eigenen Leistungen entgegenzutreten. *Schubert* wurde sich der Tatsache bewußt, daß es in Sachsen kaum leistungsfähige Maschinenbaubetriebe gab und daß man hier Abhilfe schaffen müsse. Er entschloß sich deshalb, in Übigau bei Dresden einen solchen Betrieb zu gründen. So wenig erfolgreich das Unternehmen in wirtschaftlicher Hinsicht auch war, für die Entwicklung des deutschen Maschinenbaus hatte es große Bedeutung. Es wirkte als Beispiel für die Anstrengungen deutscher Techniker, den Maschinenbau aus der Abhängigkeit vom Ausland zu lösen, und lenkte die Aufmerksamkeit der Bourgeoisie auf das entscheidende Glied in der Kette der industriellen Revolution.

Die ersten dampfgetriebenen Eisenbahnen waren in England entstanden. Die Erfolge im praktischen Eisenbahnbetrieb hatten bewirkt, daß sich in den folgenden Jahren fast die gesamte Eisenbahntechnik am englischen Vorbild orientierte. Auch die Lokomotiven für die erste deutsche Eisenbahn zwischen Nürnberg und Fürth



„Saxonia" mit Tender

(1835) kamen aus England. Mit am Beginn des deutschen Lokomotivbaus steht dagegen der Name *Johann Andreas Schubert*. Von der unmittelbaren Anschauung und den Vermessungsergebnissen an einer englischen Lokomotive ausgehend konstruierte *Schubert* seine eigene Maschine, die er zu Ehren seines Landes „Saxonia" nannte.

Es nötigt heute zu höchster Bewunderung, daß *Schubert* von den ersten Konstruktionszeichnungen bis zur Vollendung des Baus wenig mehr als ein halbes Jahr brauchte. Im Oktober 1838 war die Lokomotive einsatzbereit. Die Probefahrten begannen Anfang Dezember des gleichen Jahres. *Schuberts* verständlichen Wunsch, die Eröffnungsfahrt der Leipzig—Dresdener Eisenbahn am 8. April 1839 von seiner Maschine bestreiten zu lassen, beschied die Direktion der Bahngesellschaft abschlägig. Man bezweifelte die Leistungsfähigkeit der „Saxonia". Lediglich im Besitz der Erlaubnis, den von englischen Lokomotiven gezogenen Wagen mit seiner „Saxonia" bei der Eröffnungsfahrt folgen zu dürfen, stellte *Schubert* mit der von ihm konstruierten Maschine unter Beweis, daß Qualitätsarbeit auf diesem Gebiet hinfort auch außerhalb Englands zuwege gebracht werden konnte. *Schuberts* „Saxonia" bestand die Bewährungsprobe glänzend. Sie blieb weder hinsichtlich der Geschwindigkeit unter den von den englischen Lokomotiven gesetzten Parametern, noch enttäuschte sie in anderer Hinsicht. Dennoch blieb der finanzielle Erfolg aus. Zu dieser Zeit beherrschte noch der englische Maschinenbau den europäischen Markt.

Schon vor seiner Englandreise, im Juni 1833, hatte *Schubert* ein Gesuch an die sächsische Regierung gerichtet, ihm für 12 Jahre ein Privileg für den „unbeschränkten Betrieb von Dampfbooten" auf dem sächsischen Stromabschnitt der Elbe zu verleihen. Nächst der Eisenbahn kam der Dampfschiffahrt — das hatte das englische Beispiel ebenfalls gelehrt — zur Beförderung von Gütern und Personen im Zuge der industriellen Revolution erhöhte Bedeutung zu. Zwar wurde das Gesuch abgelehnt, doch *Schubert* ließ sich dadurch nicht entmutigen. Unter dem Eindruck des in England Gesehenen und der während einer Frankreichreise (1836) gesammelten Erfahrungen beschloß *Schubert*, die konkreten Stromverhältnisse der oberen Elbe berücksichtigend, die geplanten Dampfschiffe mit Hochdruckdampfmaschinen

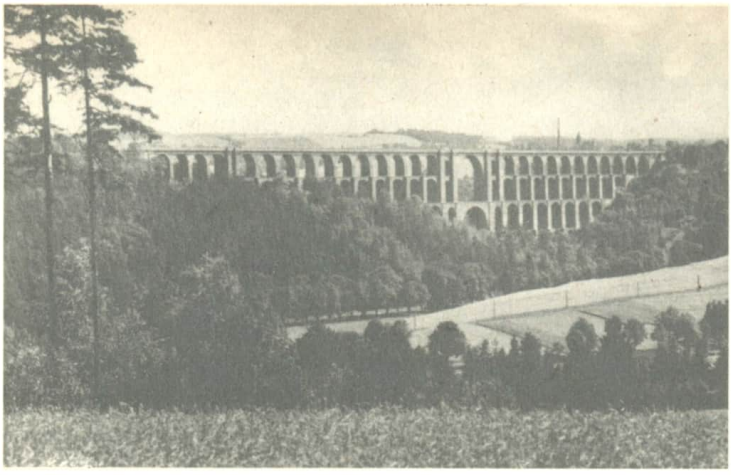
auszurüsten. Die kleineren und leichteren Hochdruckdampfmaschinen konnten infolge des durch sie bewirkten geringeren Tiefgangs der Schiffe den damals stark schwankenden Wasserverhältnissen dieses Teils der Elbe besser angepaßt werden. Die Direktion zeigte sich jedoch uneinsichtig und veranlaßte den Einbau der unter anderen Bedingungen bewährten, aber wesentlich schwereren Niederdruckmaschinen. Die von *Schubert* konstruierten Dampfschiffe „Königin Maria" und „Prinz Albert" konnten darum erst dann ihre Fahrten erfolgreich absolvieren, als sie 1840/41 mit leichteren, allerdings wiederum Niederdruckdampfmaschinen ausgerüstet wurden. *Schuberts* hervorragende konstruktive Begabung und sein vorausschauendes Denken stellten sich schließlich 1846 unter Beweis, als die „Königin Maria" durch ein neues Schiff gleichen Namens ersetzt wurde, für das die Firma *Henschel* in Kassel die von *Schubert* so nachdrücklich geforderte Hochdruckdampfmaschine lieferte.

Als Lehrer an der Technischen Bildungsanstalt beeinflußte *Schubert* den weiteren Gang der Ingenieurausbildung entscheidend. Er gelangte bald zu der Einsicht, daß es auf die Dauer nicht die bevorzugte Aufgabe der Schule sein dürfe, Mechaniker auszubilden, die allein der gewerblichen Produktion genügten. Der Anstalt einen ausgeprägt wissenschaftlichen Charakter zu verleihen, zugleich aber den unmittelbaren Bedürfnissen der Praxis zu genügen — hierin spiegelt sich das Wirken *Schuberts* an der Technischen Bildungsanstalt. Schritt für Schritt, den wachsenden ökonomischen wie technischen Bedürfnissen Rechnung tragend, drängten *Schuberts* beharrliche Bemühungen die Technische Bildungsanstalt Dresden zu einer höheren Bildungsstätte polytechnischen Charakters, die dann auch am 23. November 1851 die ihrem neuen Charakter entsprechende Bezeichnung „Polytechnische Schule" erhielt.

Schubert war Anhänger der konstitutionellen Monarchie. „Nichtsdestoweniger forderte er immer wieder sehr entschieden ..., eine zeitgemäße Fortbildung der Regierungsform auf breitester demokratischer Grundlage". [6; S. 314]

Als die erste Phase der industriellen Revolution ihrem Ende zuging und immer mehr Techniker benötigt wurden, machte sich bald das Bedürfnis nach organisatorischem Zusammenschluß der neuen Berufsgruppe bemerkbar. Am 14. April 1846 beschloß eine Gruppe von Technikern, die im sächsischen Eisenbahn-, Straßen- und Wasserbau tätig waren, auf Antrag *Schuberts* und des Geheimen Baurats *Carl Theodor Kunz* (1791 bis 1863) die Gründung des Sächsischen Ingenieurvereins, der sich später dem 1856 gegründeten VDI (Verein Deutscher Ingenieure) anschloß. Die Satzungen des neuen Ingenieurvereins arbeitete *Schubert* aus, der von 1846 bis 1849 den Vorsitz im Verwaltungsrat des Sächsischen Ingenieurvereins innehatte.

Schubert wandte sich nach 1850 dem Ingenieur-, Straßen-, Eisenbahn- und Brückenbau zu. Dieser Bereich ingenieurtechnischer Arbeit gewann in dem Maß an Bedeutung, wie der von der industriellen Revolution stimulierte Aufbau eines modernen Verkehrswesens Aufgaben von bis dahin unbekannten Dimensionen stellte. Dazu gehörte insbesondere der Eisenbahnbrückenbau, der die Anwendung wissenschaftlicher Methoden forderte. Nord- und Süddeutschland mittels der Eisenbahn in Verbindung zu bringen, berührte auch wirtschaftliche Interessen Sachsens. „Der Gedanke, Sachsen und Bayern durch eine Eisenbahn zu verbinden, war fast ebenso alt wie die Idee zum Bau der Leipzig—Dresdner Linie. Doch zu jener Zeit



Göltzschtal-brücke

glaubte man, nur die flachen Gegenden ohne viel Geländeschwierigkeiten seien für den Bahnbau geeignet". [6; S. 268] Eine solche Strecke hätte das Gebiet des Greizer Duodezfürsten (Reuß ältere Linie) berührt, der jedoch seine Zustimmung versagte. So mußte man das schwierige Terrain des sächsischen Vogtlandes zwischen Reichenbach und Plauen in Anspruch nehmen, das von den Tälern der Göltzsch und der Elster durchzogen wird. Sie zu überbrücken erwies sich als äußerst kompliziert. Es war *Schuberts* Verdienst, als Vorsitzender der vom sächsischen Ministerium des Innern eingesetzten Kommission zur Begutachtung der im Ergebnis einer Ausschreibung eingegangenen 81 Vorschläge einen Entwurf ausgearbeitet zu haben, der in vieler Beziehung über die vorliegenden Arbeiten hinausging. Binnen weniger Wochen veröffentlichte *Schubert* 1845 zwei theoretische Untersuchungen „Über die Theorie der Konstruktion steinerner Brückenbögen" sowie „Die Stützung und Konstruktion gerader und schiefer Wölbbögen" und berechnete die Statik der Brücken.

Es gereicht *Schubert* wie allen am Bau beteiligten Ingenieuren und Arbeitern zur Ehre, wenn nach nur fünfjähriger Bauzeit die ersten Züge am 15. Juli 1851 über die Göltzschtal- bzw. die Elstertalbrücke rollten.

Zu *Schuberts* Leistungen als Lehrer und Ingenieur muß zusammenfassend festgehalten werden: Noch lehrend in den Jahrzehnten des empirisch beschreibenden Maschinenbaus fand er ein System anschaulicher Lösungen maschinentechnischer Fragen. Die einseitig mathematische Behandlungsweise mechanischer Probleme in den französischen Lehrbüchern, die mangelnde Bezugnahme auf die konkrete Vielfalt der Maschinen veranlaßte *Schubert*, ein Handbuch der Mechanik für Praktiker zu schreiben, dessen erster Teil bereits 1832 erschien. In ständigem Kontakt mit der Praxis stehend, trug er dafür Sorge, daß die Ausbildung im Fach Maschinenbau ständig erweitert wurde. Seinen Impulsen für die Weiterentwicklung des Maschinenbaus verdankte die Technische Bildungsanstalt Dresden ihren späteren Status als Hochschule. Mehr noch verdankt ihm und allen Technikern der ersten Generation die deutsche Industrie. Denn das, was das kapitalistische Deutschland in den fünfziger Jahren gegenüber Frankreich und vor allem England

auszeichnete, war die große Zahl wissenschaftlich vorgebildeter Ingenieure. Die Entwicklung von Konstruktionsabteilungen in den Maschinenbaubetrieben stellte einen ersten Schritt zur Verwissenschaftlichung des Maschinenbaus dar.
Bereits Ende der fünfziger Jahre übertrafen die besten deutschen Maschinenbauanstalten ihre englischen Lehrmeister. Die erste funktionstüchtige deutsche Lokomotive war ebenso *Schuberts* Werk wie die ersten Dampfschiffe auf dem sächsischen Abschnitt der oberen Elbe. Die Göltzschtalbrücke und die Elstertalbrücke künden auch heute noch von der Kühnheit dieses Ingenieurs.

Lebensdaten zu Johann Andreas Schubert

1808	Am 19. März in Wernesgrün (Vogtland) geboren
1824 bis 1827	Studium der Architektur an der Bauschule der Akademie der bildenden Künste zu Dresden
1827 bis 1828	Volontär in der Mechanischen Werkstatt *R. S. Blochmann* in Dresden
1828 bis 1869	Lehrer bzw. Professor (ab 1832) an der Technischen Bildungsanstalt bzw. der Polytechnischen Schule Dresden
1834	*Schubert* gründet den Dresdner Gewerbeverein
1834	Studienreise nach England
1837	Am 6. Juli Inbetriebnahme des ersten Oberelbe-Dampfschiffs
1836	Initiator der Gründung des „Dresdener Actien-Maschinenbau-Vereins" und dessen Maschinenbau-Anstalt Übigau
1839	Am 8. April Triumphfahrt mit der „Saxonia" bei Eröffnung der Eisenbahnstrecke Dresden—Leipzig
1845	Entwürfe und statische Berechnungen für die Viadukte über das Göltzsch- und Elstertal
1846	Gründer und Vorsitzender des Sächsischen Ingenieur-Vereins
1870	*Johann Andreas Schubert* stirbt am 6. Oktober in Dresden

Literaturverzeichnis zu Johann Andreas Schubert

[1] *Schubert, J. A.:* Handbuch der Mechanik für Praktiker oder Grundlehren der Mechanik auf die Konstruktion der Maschinen und auf die Baukunst bezogen ... 1. Band: Statik fester Körper. Dresden und Leipzig 1832.

[2] *Schubert, J. A.:* Andeutungen über die Dampfschiffahrt auf der oberen Elbe. Dresden 1836.

[3] *Schubert, J. A.:* Elemente der Maschinenlehre. 1. Abteilung: Vom Materiale der Maschinentheile und deren Construction ... Dresden und Leipzig 1842.

[4] *Schubert, J. A.:* Elemente der Maschinenlehre. 2. Abteilung: Von der Bearbeitung fester Körper im Allgemeinen, von den einfachen Werkzeugen und von den Werkzeugmaschinen. Dresden und Leipzig 1844.

[5] *Schubert, J. A.:* Theorie der Construction steinerner Bogenbrücken. 1. Teil. Dresden und Leipzig 1847.

[6] *Weichold, A.:* Johann Andreas Schubert. Lebensbild eines bedeutenden Hochschullehrers und Ingenieurs aus der Zeit der industriellen Revolution. Technische Universität Dresden 1968.

[7] Staatsarchiv Dresden, Ministerium für Volksbildung, 15078.

[8] Staatsarchiv Dresden, Ministerium für Volksbildung, 15086.

Ferdinand Redtenbacher

Jacob Ferdinand Redtenbacher (1809 bis 1863)

Die unmittelbare Wirksamkeit *Redtenbachers* fällt in die Zeit der technischen und industriellen Revolution Deutschlands. „Die Jahre zwischen 1784 und 1833 waren die Periode des Aufkommens der neuen Technik in Deutschland. Die eigentliche technische Revolution erfolgte in Deutschland in den Jahren 1834 bis 1848. Erst danach begann das Hinüberwachsen in die industrielle Revolution, ..." [1; S. 139]
England hatte als erstes Land den Weg zur Großindustrie beschritten und etwa seit 1815 waren die Länder des europäischen Kontinents wieder voll der englischen Konkurrenz ausgesetzt. Für die deutsche Bourgeoisie galt es, das englische technische Erfahrungsniveau schnell zu erreichen, um konkurrenzfähig zu werden. Englische Technik und Produktion wurden studiert, englische Ingenieure waren als Betriebsleiter auf dem Kontinent gesucht. Es zeigte sich, daß eine rasche technische Entwicklung allein mit empirisch gewonnenem Wissen nicht effektiv weitergeführt werden konnte. Erforderlich war, dieses konstruktive und technologische Wissen mit theoretischen Grundlagen zu versehen und die Wissenschaft so zu einer unmittelbaren Produktionspotenz werden zu lassen.
Die Überwindung des technischen Rückstandes konnte nur dadurch geschehen, daß man das technische Schaffen tiefer ergründete, die hierbei vorhandenen Gesetzmäßigkeiten bewußt suchte und diese Erkenntnisse schnell in der Ausbildung verarbeitete. Der Technikbereich, der nach dem Montan- und Bauwesen einer solchen „Rationalisierung" unterworfen wurde, war der Maschinenbau.
Jacob Ferdinand Redtenbacher gehört zu jenen, die den Maschinenbau auf wissenschaftliche Grundlagen stellten. Er steht in einer Reihe mit *Julius Ludwig Weisbach* (1806 bis 1861), *Franz Reuleaux* (1829 bis 1905) und *Gustav Zeuner* (1828 bis 1907). Die beiden letzteren erhielten für ihre Entwicklung von *Redtenbacher* entscheidende Anregungen.
Jacob Ferdinand Redtenbacher wurde am 25. Juli 1809 in Steyr (Oberösterreich) geboren. Er stammt aus wohlhabender Familie und wurde bereits im Elternhaus mit Naturwissenschaften, Fremdsprachen, klassischer Literatur und Musik bekannt.

Sein Talent zum Zeichnen hat er ebenfalls früh geübt. Die Prägung von Interessen und Förderung von Talenten in früher Jugend war wohl entscheidend für sein späteres berufliches Streben und Wirken. Nach dem Besuch der Normalschule in Steyr, die er häufig schwänzte, wurde er zu seinem Onkel in die Lehre gegeben, der ein Gemischtwarengeschäft besaß. *Redtenbacher* urteilt über diese Zeit in einem Brief an seinen Schwager vom 31. 12. 1857: „Wie du weißt, habe ich in Österreich in jungen Jahren Stiefel geputzt und Papiertüten gedreht, statt die Klassiker des Altertums und der Neuzeit zu studieren. Ich habe mit mir entsetzlich zu schaffen gehabt, bis ich das in der Jugend freilich schuldlos Versäumte einigermaßen nachgeholt hatte, und wie schwer dies ist, kann nur derjenige ermessen, der sich ähnlich wie ich durch eigene Bestrebungen aus sich selbst herausarbeiten mußte." [2; S. 426] *Redtenbachers* Talent für technische Dinge und Freihandzeichnungen gaben ihm nach der Lehre (1824) die Chance, an der k. u. k. Baudirektion in Linz als Zeichner zu arbeiten. Hier hatte er es vor allem mit Bauplänen und geodätischen Aufnahmen zu tun. Neben seiner Arbeit nahm er privat Mathematikstunden. Ab September 1825 begann er an der Polytechnischen Schule in Wien zu studieren. Mit viel Fleiß und eisernem Willen hat *Redtenbacher* sein Studium bewältigt. Zusätzlich belegte er noch an der Wiener Universität ab 1827 höhere Mathematik. Nach vier Jahren Studium wurde er 1829 Assistent bei *Johann Arzberger* (1778 bis 1835). In der Assistenzzeit zeigte er besonderes Geschick in den Fächern Darstellende Geometrie und Maschinenzeichnen. 1833 wurde *Redtenbacher* an die Höhere Industrieschule Zürich als Lehrer für Mathematik und Geometrisches Zeichnen und ein Jahr später an dieser Schule zum Professor berufen. Die Züricher Zeit war außerordentlich wichtig für seinen weiteren Entwicklungsweg. Neben der Beschäftigung mit Chemie hat *Redtenbacher* auch philosophische Studien betrieben. Bedeutsam für seine weitere berufliche Entwicklung sind vor allem seine intensiven Beziehungen zur Maschinenfabrik *Escher, Wyss und Comp.* Diese Firma wurde 1805 als Spinnerei gegründet und stellte ab 1810 selbst Spinnereimaschinen her. Später wurden Papiermaschinen, Turbinen, Dampfmaschinen usw. ins Produktionsprogramm aufgenommen. Von dieser Firmengründung datiert der schweizerische Maschinenbau. *Redtenbacher* hat in seiner Züricher Zeit die Produktionstechnik und die produzierte Technik dieser Firma studiert, berechnet und vermessen. Seine Notizbücher aus der Zeit von 1833 bis 1841 sind voll mit Studien, Skizzen und Berechnungen der verschiedensten Maschinen.

Er legte damit die empirische Grundlage für seine Arbeiten zur wissenschaftlichen Begründung des Maschinenbaus und damit für seine reiche Publikationstätigkeit: „Bau der hydraulischen Kraftmaschinen" (1841); „Theorie und Bau der Turbinen und Ventilatoren" (1844), „Theorie und Bau der Wasserräder" (1846); „Resultate für den Maschinenbau" (1848); „Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus" (1852); „Die Luftexpansionsmaschine" (1853); „Die Gesetze des Lokomotivbaus" (1855) usw.

Der bei *Escher, Wyss* und *Comp.* geknüpfte Kontakt zu den zu einer wissenschaftlichen Analyse der Maschinen interessierten Ingenieuren Josef Trinks, Moritz Schröter und Georg Veith führte dazu, daß Redtenbacher sie an das Polytechnikum nach Karlsruhe berufen ließ. Gute und wissenschaftlich interessierte Fachleute aus der Industrie waren an technischen Bildungseinrichtungen schon immer gefragt.

1841 folgte *Redtenbacher* einer Berufung als Professor für Maschinenbau an das Polytechnikum Karlsruhe. Es war 1825 nach dem Vorbild der Pariser „École Polytechnique" gegründet worden und galt als deren „kleiner Bruder". Charakteristisch ist für beide Schulen, daß durch die mathematische Mechanik eine wissenschaftliche Orientierung in die Ingenieurausbildung gebracht wurde. Die in Zürich gewonnenen reichen Erfahrungen auf dem Gebiet des Maschinenbaus, seine Lehrerfahrungen, eine Fähigkeit zum Freihandzeichnen (in seiner Freizeit malte er leidenschaftlich) und seine besondere Emotionalität in den Lehrveranstaltungen sicherten *Redtenbacher* in Karlsruhe von Anfang an einen großen Lehr- und Erziehungserfolg. Wie seine Schüler berichten, machte er mit Mienen und Gebärden die behandelten mechanischen Bewegungen vor, führte so gleichsam ins „Seelenleben der Maschinen" ein. Außerdem verwendete er Modelle und Zeichnungsbilder der behandelten Vorgänge. Seine Tafelzeichnungen sollen Kunstwerke gewesen sein. Er weckte so das technische Vorstellungsdenken und ergänzte dieses dann mit einer ebenfalls faßlichen mathematischen Behandlung. *Redtenbacher* hat etwa 12 Stunden Vorlesung wöchentlich gehalten und daneben viele Gutachten erstattet.

In seiner Lehrtätigkeit und seinen Büchern strebte *Redtenbacher* nach einer harmonischen Verbindung von Theorie und Praxis technischen Schaffens. Schwerpunkt bildet hier die technische Mechanik und die wissenschaftliche Durchforschung der Maschinenkonstruktionen. Sein Anliegen war, Klarheit in die Bestimmung der Mechanismen und Maschinen zu tragen. Er meinte, daß die verschiedenartigen Mechanismen, die für den Bau von Maschinen verwendet würden, nicht jedes Mal neu erfunden werden müßten. Vielmehr komme es darauf an, das bisher Bekannte zu systematisieren und klar zu zeigen, wann und unter welchen Bedingungen wirklich neue Erfindungen nötig sind. Sein Buch „Resultate für den Maschinenbau" basiert auf den Studien der Züricher Zeit sowie auf vielen Studienreisen und suchte die mechanischen Prinzipien durch Darstellungen aus dem Maschinenbau zu ergänzen. Es galt, die Formen und Anordnungen von Maschinenbauerzeugnissen darzustellen sowie zugleich Kenntnisse über die zu verwendenden Werkstoffe zu vermitteln. *Redtenbacher* schreibt dazu: Das Beste, was eine Schule zur Ausbildung von Ingenieuren bieten kann, „ist zwar allerdings eine gesunde wissenschaftliche Grundlage, die ein Techniker dann besitzt, wenn er in den Geist der Prinzipien der Mechanik eingedrungen ist, und in der Anwendung derselben einen gewissen Grad von Gewandtheit und Sicherheit erlangt hat. Allein, wer nur mit allgemeinen Prinzipien ausgerüstet die praktische Arena betritt, gleicht einem Schiffe, das zwar mit einem Steuerruder, aber weder mit Segelwerk noch mit einer treibenden Maschine versehen ist ... Mit den Prinzipien der Mechanik bringt man keinen Entwurf einer Maschine zu Stande, denn dazu gehört Zusammensetzungssinn, Anordnungssinn und Formensinn. Mit den Prinzipien der Mechanik kann man keine Maschine wirklich ausführen, denn dazu gehören praktische Kenntnisse der zu verarbeitenden Materialien und eine Gewandtheit in der Handhabung der Werkzeuge und Behandlung der Hülfsmaschinen. Mit den Prinzipien der Mechanik betreibt man kein industrielles Geschäft, denn dazu gehört eine charakterkräftige Persönlichkeit und gehören commerzielle Geschäftskenntnisse." [4; If., Vf.] *Redtenbacher* geht deshalb auch einen noch für heutiges technikwissenschaftliches Denken typischen Weg. In seinem zum großen Teil handbuchhaften Werken gibt

er genaue und aufs wesentliche bezogene Darstellungen der bekannten Maschinen und Anlagen sowie für die damalige Zeit hinreichende Berechnungsgrundlagen. Die Berechnungsgrundlagen haben die Funktion von Regeln und „halbempirischen" Charakter. *Redtenbacher* geht von den mechanischen Grundprozessen aus, gestaltet diese nach dem Verwendungszweck und auftretenden mechanischen Kräften. Dann gibt er in seinen Formeln Verhältniszahlen (eine aus der Architektur übernommene Methode für die sichere und harmonische Gestaltung der Bauwerke) für die weitere Festlegung der Konstruktionsverhältnisse der Maschinen und Anlagen an. „Die Tabellen geben die wichtigsten Daten für neu zu erbauende Maschinen, und die Verhältniszahlen bestimmen alle untergeordneten Dimensionen." [4; X]

Mit der Methode der Verhältniszahlen werden die Proportionen der Maschinenteile in einfachen Formeln festgelegt. *Redtenbacher* bemüht sich, möglichst wenige Bezugswerte zum Ausgang zu nehmen und alle anderen Werte als darauf bezogen durch einfache Rechenoperationen nach der Formel zu ermitteln. Die Grundrisse der Maschinen und Anlagen werden als Zeichnung mitgeliefert und Aussagen über Konstruktion, Festigkeit der Materialien sowie Betriebserfahrungen gemacht. Der Ingenieur der damaligen Zeit konnte dieses Handbuchwissen sofort und erfolgreich verwenden.

Redtenbacher hat aber nicht etwa nur derartige Konstruktionsanleitungen aufgestellt und damit einen historischen Stand fixiert. Was ihn auszeichnete, war das Bewußtsein der historischen Grenzen sowohl der technischen Gestaltungsmöglichkeiten seiner Zeit als auch der Anwendbarkeit seiner „halbempirischen" Formeln. So schreibt er: Ungeachtet der „Entwicklung und Ausbreitung des Turbinenwesens hat sich die Theorie dieser Maschinen im wesentlichen nicht geändert und konnte sich wohl auch nicht ändern, denn eine genaue Theorie würde nur dann aufgestellt werden können, wenn es gelänge, auf analytischem Wege die Bewegung und Wirkung jedes einzelnen Wasseratoms und die Wechselwirkung zwischen den Wasseratomen und den Kanalwänden, mit welchen sie in Berührung kommen, zu verfolgen. Dies ist aber bei dem gegenwärtigen Stand der Hydrodynamik eine reine Unmöglichkeit." [5; V] *Redtenbacher* kommt das Verdienst zu, gegen den englischen, erfahrungsbezogenen Stil des Konstruierens die Konzeption gesetzt zu haben: „Theorie mit Berücksichtigung der Erfahrung". Er ist der Begründer des technischen Regelwerkes in Deutschland und damit eines wesentlichen technikwissenschaftlichen Arbeitsmittels. In seinen zahlreichen Büchern und vor allem in den Lehrveranstaltungen weist er immer wieder darauf hin, wie er seine Methode angewandt wissen will. So bemerkt er zur Methode der Verhältniszahlen: „Diese Regeln haben jedoch auch schwache Seiten, die aber nicht von der Methode der Verhältniszahlen, sondern von dem Umstande herrühren, dass sie auf statischen Prinzipien beruhen und weder den Einfluss der Massenwirkung noch die Abnutzung berücksichtigen, welche bei schneller Bewegung der Theile leicht eintreten ..." [4; VIII] In seinen Vorlesungen demonstrierte *Redtenbacher* die Unlösbarkeit vieler technischer Probleme mit den vorhandenen theoretischen Mitteln. Der erzieherische Effekt dieses Aufzeigens historischer Grenzen war für die weitere Begründung der Technikwissenschaften und den technischen Fortschritt von großer Bedeutung. *Franz Reuleaux*, der 1850 in Karlsruhe zu studieren begann, bekennt sich als sein Schüler. Auch *Eugen Langen* (1833 bis 1895), der 1851 bei *Redtenbacher* hörte,

bekam von ihm entscheidende Anregungen für seine Mitwirkung an der Entwicklung des Otto-Motors (1876). *Carl Benz* (1844 bis 1929), der 1878 das erste Auto mit Benzinmotor vorstellte, war ebenfalls *Redtenbachers* Schüler. *Gustav Zeuner* bekannte, daß er durch *Redtenbachers* Bemerkungen in Vorlesungen dazu angeregt worden sei, Forschungen über das Lokomotivblasrohr anzustellen, die zur ersten allgemeinen Lösung der Berechnung von Strahlpumpen führten.

Redtenbacher hat auch als Wissenschaftsorganisator gewirkt. Am 16. Mai 1857 wurde er zum Direktor des Karlsruher Polytechnikums gewählt und gestaltete Lehrpläne und Lehrweise um. 1855 wurde er zur Beratung für den Aufbau des Polytechnikums in Zürich herangezogen.

Politisch — im engen Sinne des Wortes — hat er sich nicht betätigt. Seine freie Zeit widmete er dem Wandern, Malen und der Musik. In Karlsruhe fehlte er bei keinem Konzert! Philosophisch interessiert, glaubte er entsprechend seinem Fach und dem naturwissenschaftlichen Materialismus seiner Zeit, ein auf den Prinzipien der Mechanik fußendes Weltbild begründen zu können. Der Grund für dieses Streben, das er in seinem „Dynamidensystem" (1857) auszuführen versuchte, war das Suchen nach einer einheitlichen wissenschaftlichen Grundlage für die verschiedenen Formen der Technik und die Berechnung aller ihrer Seiten. [vgl. 6; S. 130—136] Ausgehend von der Vorstellung einer Materie, bestehend aus Atomen mit Ätherhülle, bemühte er sich um die, möglichst auch auf Berechenbarkeit zielende, Erklärung der Bewegung der Gase, der Wärme, der Elastizität und Verformbarkeit fester Körper, aber auch der Elektrizität und des Magnetismus. Sein naturwissenschaftlich-philosophisches Werk markiert mit die Denkprozesse an der Schwelle zur modernen Physik.

Redtenbacher starb am 16. April 1863 an Magenkrebs. Sein Tod beendete ein außerordentlich erfolgreiches Forscherleben. Wir würdigen in *Redtenbacher* einen Begründer der Technikwissenschaft (speziell des wissenschaftlichen Maschinenbaus) und einen Lehrer, der seine Bücher unter dem Motto konzipierte: „Ich schreibe keine Lehrbücher, sondern Bücher, aus denen man lernt."

Lebensdaten zu Jacob Ferdinand Redtenbacher

1809	Am 25. Juli in Steyr (Österreich) geboren
1820 bis 1824	Lehre im Gemischtwarengeschäft seines Onkels
1825	Zeichner bei der k. u. k. Baudirektion in Linz
1825 bis 1829	Studium an der polytechnischen Schule in Wien
1829	Assistenz bei *Johann Arzberger*
1833	Berufung als Lehrer an die Höhere Industrieschule zu Zürich
1834	Professor für Mathematik und Geometrisches Zeichnen an dieser Lehranstalt
1833 bis 1841	Maschinenuntersuchungen in der Maschinenfabrik Escher, Wyss und Comp.
1841	Berufung zum Professor für Maschinenbau am Polytechnikum Karlsruhe
1848	„Resultate für den Maschinenbau" (2. Aufl. 1852, 4. Aufl. 1860)
1852	„Die Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus"
1855	„Die Gesetze des Lokomotivbaus"

1857	„Das Dynamidensystem"
1857	Wahl zum Direktor des Polytechnikums Karlsruhe
1861	„Die ursprüngliche und jetzige Temperatur der Weltkörper"
1862	„Der Maschinenbau" (Drei Bände, 3. Band postum von *Joseph Hart* herausgegeben.)
1863	*Ferdinand Redtenbacher* stirbt am 16. April in Karlsruhe

Literaturverzeichnis zu Jacob Ferdinand Redtenbacher

[1] Allgemeine Geschichte der Technik von den Anfängen bis 1870. Leipzig 1981.

[2] *Rühlmann, M.:* Vorträge über Geschichte der Technischen Mechanik und der damit in Zusammenhang stehenden mathematischen Wissenschaften. Leipzig 1885.

[3] *Redtenbacher, F.:* Die Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus. Mannheim 1852.

[4] *Redtenbacher, F.:* Resultate für den Maschinenbau. 5. Aufl., Heidelberg 1869.

[5] *Redtenbacher, F.:* Theorie und Bau der Turbinen, 2. Aufl., Mannheim 1860.

[6] *Flemmig, K.-H.:* Voraussetzungen, Herausbildung und Entwicklung der bürgerlichen „Technikphilosophie" in Deutschland im 19. Jahrhundert. Diss. (A), TU Dresden 1981.

Carl Zeiß (1816—1888) und Ernst Abbe (1840—1905)

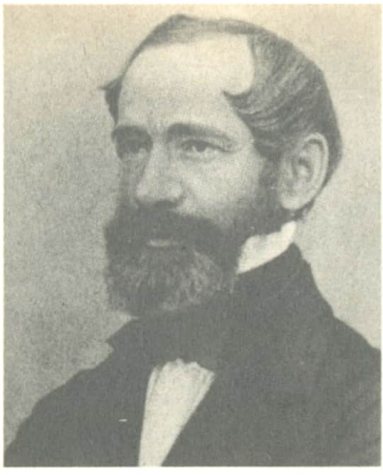
Eine kaum meßbare Zahl von Entdeckungen in Naturwissenschaft und Medizin sowie technischer Erfindungen der letzten 150 Jahre wäre undenkbar ohne den gewaltigen Fortschritt der Optik, der Konstruktion und den Bau immer neuer und verbesserter optischer Instrumente. „Ganz neue Wissenschaftszweige konnten durch die optischen Geräte ins Leben gerufen werden, andere ... wurden weitgehend gefördert und befruchtet." [1; S. 8]

Es ist das Verdienst von *Carl Zeiß*, zur Herausbildung dieser Entwicklung Maßgebliches geleistet zu haben. *Zeiß* wurde am 11. September 1816 in Weimar, der damaligen Residenz des Großherzogtums Sachsen-Weimar, geboren. Sein Vater war Kunstdrechslermeister, und in dessen Werkstatt lernte der junge *Carl* frühzeitig neuartige Maschinen kennen, die sein Interesse an der Mechanik weckten. Er beendete seine Gymnasialausbildung auch bereits vorzeitig, um sich möglichst schnell dem Beruf eines Mechanikers zuzuwenden.

Seine Lehre absolvierte *Zeiß* von 1834 bis 1838 in Jena beim Hofmechanikus und Privatdozenten *Friedrich Körner* (1778 bis 1847). *Körner*, der sich viel mit physikalisch-optischen Problemen beschäftigte, hielt an der Jenenser Universität Vorlesungen über seine Erfahrungen im Gebrauch und der Herstellung wissenschaftlicher Instrumente. Auf *Körners* Anraten hin besuchte *Zeiß* gemeinverständliche Vorlesungen in Mathematik, Experimentalphysik und Optik.

Nach Beendigung der Lehre folgten für *Carl Zeiß* die „Wanderjahre" (1838 bis 1845), die ihn u. a. nach Wien und Berlin führten und ihm halfen, seine praktische wie auch theoretische Ausbildung zu vervollkommnen.

1845 versuchte *Zeiß*, in seiner Geburtsstadt Weimar eine eigene Werkstatt zu eröffnen. Aber trotz seines außergewöhnlich guten praktischen Könnens und auch

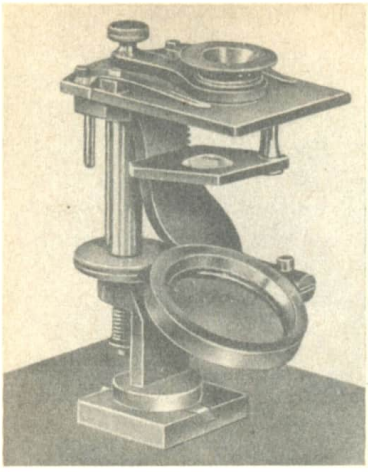


Carl Zeiß

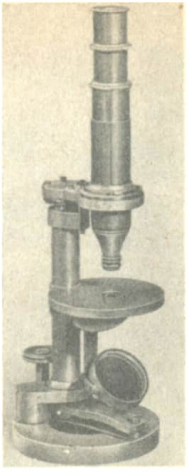
soliden theoretischen Wissens scheiterte dieser Versuch „an den Schranken der überkommenen Zunftordnung, die die alteingesessenen Handwerksmeister vor einer neuen, unerwünschten Konkurrenz sichern sollte". [1; S. 18f.] Darauf wandte sich *Zeiß* — zunächst enttäuscht — nach Jena und arbeitete zunächst als Praktikant am Physiologischen Privatinstitut, dem auch der bekannte Botaniker und Physiologe, der Mitbegründer der Zelltheorie, *Matthias Jacob Schleiden* (1804 bis 1881) angehörte. Im Frühjahr 1846 reichte *Zeiß* an die Landesdirektion Weimar ein Gesuch zur Erteilung einer Konzession für die Eröffnung eines „mechanischen Ateliers" ein. Darin führte er an, daß ihm Jena für die beabsichtigte Einrichtung als der günstigste Ort erscheine, „um so mehr, als selbst sowohl Lehrer als Schüler der Universität mechanischer Apparate in stets steigendem Maße fortwährend bedürfen ...". [1; S. 21] *Zeiß* ging also von der Erkenntnis aus, daß die Entwicklung der Naturwissenschaft jener Zeit weitgehend von der Bereitstellung wissenschaftlicher Geräte und Instrumente abhängig war. Zur Bekräftigung seiner Argumente legte er seinem Gesuch drei Professorengutachten bei, darunter auch eines von *Schleiden*. In den Gutachten wird das handwerkliche Können von *Zeiß* gewürdigt und die Notwendigkeit hervorgehoben, eine mechanische Werkstätte zu gründen, die besonders im Auftrag und zur „Erhöhung des Ruhmes" der Universität wirksam werden könnte.

Am 17. November 1846 eröffnete *Zeiß* seine Jenenser Werkstatt. Zunächst lebte er von Konstruktions- und Reparaturaufträgen, meist aus Universitätsinstituten, betrieb aber außerdem noch einen Kleinhandel mit diversen feinmechanischen und optischen Erzeugnissen.

Von *Schleiden* angeregt, wandte sich *Carl Zeiß* bald dem Bau einfacher Mikroskope zu. Damit betrat er ein Gebiet, für das er von der feinmechanischen — nicht in gleicher Weise von der optischen — Ausbildung her beste Voraussetzungen besaß. Infolge seines praktischen Geschicks und seiner Kenntnisse erfreuten sich die *Zeiß*schen Mikroskope bald eines guten Rufs und vermochten mit anderen in Europa gefertigten Geräten durchaus zu konkurrieren. Dies verbesserte die Geschäftslage des jungen Meisters merklich. Im Frühjahr 1847 stellte *Zeiß* einen



Von Zeiß gefertigtes einfaches Mikroskop



Erstes in der Zeißschen Werkstatt hergestelltes zusammengesetztes Mikroskop

Mechanikergehilfen ein, im Juli des gleichen Jahres mietete er bereits eine größere Werkstatt, und schon im August begann der erste Lehrling bei ihm seine Ausbildung. Dieser, *August Löber* (1830 bis 1912), hatte als späterer Gehilfe und Werkmeister der optischen Abteilung auf Grund seiner hervorragenden handwerklichen Fähigkeiten großen Anteil an der Entwicklung der Werkstatt. 1847 hatte *C. Zeiß* 23 einfache Mikroskope verkauft, bis einschließlich 1857 waren es mehr als 350. Die einfachen Mikroskope waren freilich eigentlich nur leistungsstarke Lupen, die aus drei bis vier Doppel- oder Dreifachlinsen (Doublets bzw. Triplets) bestanden und eine 15- bis 120fache Vergrößerung ermöglichten. [vgl. 3; S. 97 f.] Die geforderte steigende Genauigkeit in der Präpariertechnik für entomologische, botanische und pharmakologische Untersuchungen machten indes eine qualitative Vervollkommnung des Mikroskops zu einem objektiven Erfordernis.

Schleiden, der den *Zeiß*schen Arbeiten stets fördernd gegenüberstand und auch an ihrer Publizität großen Anteil hatte (vgl. 3; S. 75], drängte deshalb *Zeiß*, zum Bau zusammengesetzter Mikroskope überzugehen. Obwohl *Zeiß* in Hörsälen und Labors der Universität die Verbindung zu Wissenschaftlern und deren Anregung immer bewußt suchte, stand er diesem Ansinnen zunächst skeptisch gegenüber. Seine Zweifel bezogen sich aber nicht auf die Überlegenheit der zusammengesetzten Mikroskope, die bereits seit einem reichlichen Jahrzehnt in einigen optischen Werkstätten gefertigt wurden, so u. a. bei *Georg Oberhäuser* (1798 bis 1868) in Paris, *Giovanni Battista Amici* (1786 bis 1863) in Neapel und *Carl Kellner* (1826 bis 1855) in Wetzlar. Über deren Vorteile, die besonders auch in der Verwendung der Achromate als Objektivlinsen und kurz darauf auch in Objektivsystemen lagen, gab es für *Zeiß* keine Unklarheiten. Ihn stimmte vielmehr die Tatsache bedenklich, daß die Zuverlässigkeit dieser Mikroskope vom Zufall der Glasqualität abhängig war und sich die Linsen(systeme) bisher nicht wissenschaftlich berechnen ließen, er also — wie seine Vorgänger und Zeitgenossen — auf „Pröbeln und Werken" angewiesen wäre. *Zeiß*' eigene Bemühungen, gemeinsam mit einem Mathematiker dioptrische Berechnungen zum Erfassen der Öffnungsfehler vorzunehmen, waren erfolglos verlaufen. Durch kommerzielle Erwägungen bedingt, nahm er dennoch 1857 die

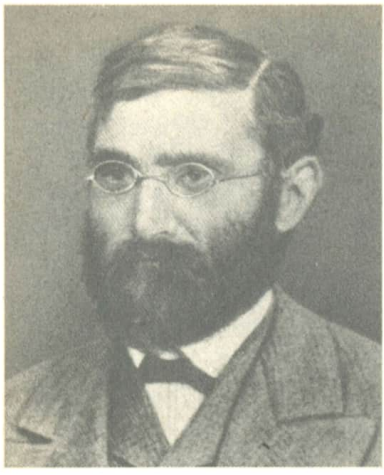
Fertigung zusammengesetzter Mikroskope auf. Den ihm bewußt gewordenen Mangel versuchte er teilweise dadurch zu kompensieren, daß er auf gediegene und solide Arbeit, auf Eprobung und sorgfältige Kontrolle der in seiner Werkstatt gefertigten Instrumente achtete und sich nach und nach einen festen Stamm versierter Mechaniker und Optiker heranzog. Zunächst wurde nur eine kleine Stückzahl zusammengesetzter Mikroskope produziert, ab 1861 bot *Zeiß* aber bereits Instrumente mit sechs verschiedenen Objektiven und vier Okularen sowie sechs Stativtypen an, darunter das große Hufeisenstativ nach *Georg Oberhäuser*.

Die Mikroskope fanden bei Nutzern und Fachleuten großen Anklang. Ein Zeitgenosse schrieb: „Jene Instrumente, die mir zu Gesicht gekommen sind, hatten eine ganz gute mechanische Einrichtung; die Objektive gehören zu den besten deutschen." [5; S. 194) Die anerkannte Leistungsfähigkeit der *Zeiß*schen Mikroskope führte rasch zu einer Vergrößerung und Modernisierung der Werkstatt, die er 1858 wiederum verlegt hatte. 1866 beschäftigte *Zeiß* bereits 20 Mitarbeiter, im gleichen Jahr verkaufte er sein 1 000. Mikroskop.

Seine wachsende gesellschaftliche Wertschätzung wurde auch in verschiedenen Ehrungen sichtbar, mit denen man *Zeiß*' Leistungen würdigte, so wurde er 1860 zum Universitäts- und 1863 zum Hofmechanikus ernannt. 1880 verlieh ihm die Jenaer Universität auf Vorschlag von *Ernst Haeckel* (1834 bis 1919) sogar die Ehrendoktorwürde.

Die steigende Nachfrage nach seinen Mikroskopen und deren Fertigung erhöhten *Zeiß*' Einkünfte beträchtlich, und in der von ihm praktizierten „Geschäftstüchtigkeit" zeigte er sich durchaus als ein Kind seiner Zeit: Sparsamkeit, wo sie ihm angebracht schien (auch in der Entlohnung seiner Gehilfen), Großzügigkeit und Risikofreudigkeit bei der Werbung für seine Erzeugnisse, besonders aber — das jedoch ist typisch für ihn — bei den Versuchen der wissenschaftlichen Grundlegung und Durchdringung seiner Produktionsverfahren zeichneten ihn aus. Es ist ein Hauptverdienst von *Carl Zeiß*, als einer der ersten Praktiker die Bedeutung der Wissenschaft für die Produktion erkannt zu haben und zeit seines Lebens bestrebt gewesen zu sein, wissenschaftliche Erkenntnisse zu stimulieren, um sie für praktische Zwecke nutzbar zu machen. Dieses Verdienst wird auch keinesfalls dadurch geringer, daß die Motive für diese Haltung hauptsächlich aus kommerziellen Gründen resultierten und daß der Aufstieg der *Zeiß*schen Werkstätten letztlich auf handwerklicher, später kapitalistischer Ausbeutung beruhte.

Zeiß war sich durchaus darüber klar, daß ihm der wirtschafliche Ruin drohte, wenn es seiner Konkurrenz eher als ihm gelang, die Mikroskopfertigung wissenschaftlich zu durchdringen. Seit etwa 1860 nämlich bot der Nachfolger von *Oberhäuser*, *Edmund Hartnack* (1826 bis 1891), eine vervollkommnete Entwicklung von *Amici* an, die sog. Wasserlinsen. Dies waren die ersten Immersionssysteme, die einen Wassertropfen zwischen Objektivfrontlinse und dem Deckglas verwendeten und damit (durch den vergrößerten Öffnungswinkel) eine höhere Leistung ermöglichten. Die so entstandene prekäre Konkurrenzlage bestärkte *Zeiß* in seinem Vorhaben, in möglichst kurzer Zeit die unbefriedigenden Probierverfahren durch wissenschaftlich begründete Vorschriften zu ersetzen. Mit dieser festen Überzeugung und der Einsicht, daß er allein trotz seiner umfassenden Kenntnisse dazu nicht fähig sei, suchte *Zeiß* nach einem geeigneten Partner. Er fand ihn in dem jungen Physiker



Ernst Abbe

Ernst Abbe (1840 bis 1905). *Abbe* hatte als Arbeiterkind mit vielen Entbehrungen und für seine Zeit durchaus ungewöhnlich das Realgymnasium besucht und anschließend an den Universitäten Jena und Göttingen Mathematik und Physik studiert. Er promovierte 1861 in Göttingen und habilitierte sich 1863 in Jena. Seit diesem Jahr wirkte er an der Jenaer Universität als Privatdozent. Beim Bau wissenschaftlicher Apparate wurde er mit *Zeiß* bekannt. Dieser machte ihm das Angebot, die Mikroskopfertigung wissenschaftlich auszuarbeiten, und 1866 begann (auf vertraglicher Basis) *Zeiß*' fruchtbare Zusammenarbeit mit *Abbe*. Der Physiker *Abbe*, ein leidenschaftlicher Verfechter wissenschaftlichen Fortschritts, ging an diese Aufgabe mit dem festen Willen, sie letztlich lösen zu können. *Zeiß*, der die Bedeutung des jungen Wissenschaftlers schnell erkannte, unterstützte *Abbe* mit allen Mitteln, auch, als sich größere Erfolge zunächst nicht einstellen wollten. Zunächst entwickelte *Abbe* verschiedene Prüf- und Meßgeräte, so zur Bestimmung der Brechzahl des Glases und der geometrischen Abmessungen der Linsen. Dies half bereits, einige Fehlerquellen beim Bau der *Zeiß*-Mikroskope zu beseitigen und erhöhte deren Leistungsfähigkeit. Ihre Herstellung verbilligte sich. 1869 konstruierte *Abbe* einen nach ihm benannten Beleuchtungsapparat. Die wissenschaftliche Berechnung von Linsensystemen hingegen war nur mit Hilfe einer geschlossenen Theorie des Strahlenganges und der Abbildungsfehler möglich, d. h., diese mußte entwickelt und mathematisch formuliert werden. Schon *Joseph Fraunhofer* (1787 bis 1826) und *Hermann von Helmholtz* (1821 bis 1894) hatten die Abhängigkeit des Auflösungsvermögens der Linsen von der Beugung des Lichts erkannt. [vgl. 6; S. 280] An diese Ergebnisse anknüpfend, forschte *Abbe* vorrangig auf dem Gebiet der optischen Beugung weiter und konnte bis 1871 die Beugungstheorie der mikroskopischen Abbildung schaffen. Aus der von ihm formulierten sog. Sinusbedingung erwuchs die Möglichkeit, Mikroskope mit höchstem Auflösungsvermögen zu konstruieren. *Zeiß*, in dessen Händen die Leitung und Kontrolle der Werkstatt, die Buchführung und die Werbung lagen, wirkte in dieser Zeit nicht nur noch an den kompliziertesten Arbeiten mit, sondern untersuchte auch ständig die Forschungsergebnisse *Abbes* auf ihre unmittelbare Anwendbarkeit.

1871/72 wurden die ersten Mikroskope mit berechneten Objektiven zum Verkauf angeboten. Ein lang ersehntes Ziel von *Carl Zeiß* war mit Hilfe *Abbes* erreicht worden. *Zeiß* nutzte die Gelegenheit, die wissenschaftlichen Erkenntnisse „technisch und damit auch gewinnbringend zu verwerten". [1; S. 69]

Die sich nach dem Deutsch-Französischen Krieg von 1870 bis 1871 und der Reichseinigung „von oben" vollziehende Entwicklung in Industrie und Naturwissenschaften verlangte mehr und bessere Forschungsgeräte. *Zeiß* konnte sie liefern. Seine Belegschaftsstärke erhöhte sich rasch und wuchs von etwa 25 (1871) auf über 150 (1883). Allein im Jahrfünft von 1881 bis 1886 wurden 5000 Mikroskope gebaut.

Abbe war 1875 stiller Teilhaber der *Zeiß*-Werkstätte geworden, vier Jahre später trat Dr. Roderich Zeiß (1850 bis 1919), *C. Zeiß*' Sohn aus erster Ehe, als dritter Teilhaber der Firma bei.

1878 machte *Abbe* die homogene Immersion für den Mikroskopbau nutzbar. Durch die Wahl geeigneter Immersionsflüssigkeiten — *Abbe* verwendete Zedernholzöl — wird hierbei eine völlige Übereinstimmung ihrer Brechzahl mit der der Objektivfrontlinse und des Deckglases erreicht. Mikroskope, die mit derartigen Immersionssystemen ausgerüstet sind, können das Auflösungsvermögen beträchtlich steigern, es gelangt bis zu Strukturen in Nähe der Größe der Lichtwellenlänge. [vgl. 6; S. 281] Die Werkstatt von *Carl Zeiß* entwickelte sich bald zur führenden und bekanntesten Produktionsstätte der optischen Industrie und zum kapitalistischen Großbetrieb. *Zeiß* selbst freilich mußte — durch Krankheit und Alter bedingt — die Initiative nach und nach an den jüngeren *Abbe* und seinen Sohn übertragen. *Abbe*, der weiterhin intensiv an der Beseitigung von Farbfehlern in der Mikroskopabbildung arbeitete, konnte 1881 den Chemiker und Glastechniker *Friedrich Otto Schott* (1851 bis 1935) für die Mitarbeit gewinnen. Die Produktion neuartiger Gläser erfolgte ab 1882 nach kurzzeitigen Experimenten im glastechnischen Laboratorium, aus dem unter Teilhaberschaft von *Zeiß* und *Abbe* das Jenaer Glaswerk *Schott* & Genossen hervorging.

Ab 1886 wurden für den Mikroskopbau neue, verbesserte Objektive (Apochromate) verwendet, im gleichen Jahr verließ das 10000. Mikroskop die *Zeiß*-Werke.

Zwei Jahre darauf, am 3. Dezember 1888, starb *Carl Zeiß*. Er hatte sein Lebensziel erreicht: Die Konstruktion des Mikroskops war völlig auf eine wissenschaftliche Theorie gegründet und dieser die praktische Fertigung untergeordnet. 1889 rief *E. Abbe* die *Carl-Zeiß*-Stiftung, später Alleininhaberin der *Zeiß*-Werke, ins Leben. Diese Stiftung, eine Art „kapitalistische Produktivgenossenschaft", stellte den damals einzigartigen Versuch dar, bestimmte Erscheinungen der Ausbeutung auszugleichen, ohne sie freilich aufzuheben. Aus ihren Überschüssen finanzierte sie eine Reihe wirksamer sozialpolitischer Maßnahmen für die Belegschaften der *Zeiß*-Werke und der Glashütte, auch erhielt die Jenaer Universität durch sie großzügige Unterstützung. *Zeiß*' Name ist bis heute durch den größten und bedeutendsten Betrieb für wissenschaftlichen Gerätebau und Feinmechanik-Optik der Deutschen Demokratischen Republik in aller Welt bekannt und kündet für immer von seinem Schaffen und seinem Verdienst.

(Der Autor ist für wertvolle Hinweise Dr. Joachim Wittig, Jena, zu Dank verpflichtet.)

Lebensdaten zu Carl Zeiß und Ernst Abbe

1816	*Carl Zeiß* am 11. September in Weimar geboren
1834 bis 1838	Mechanikerlehre in Jena, Besuch von Vorlesungen an der Universität
1838 bis 1845	„Wanderjahre"
1840	*Ernst Abbe* am 23. Januar in Eisenach geboren
1846	Eröffnung eines „mechanischen Ateliers" durch *Zeiß* in Jena
1847	Aufnahme der Fertigung von (einfachen) Mikroskopen
1857	*Zeiß* geht zum Bau zusammengesetzter Mikroskope über
1857 bis 1859	*Abbe* studiert Naturwissenschaften in Jena
1861	*Abbe* promoviert in Göttingen
1863	*Abbe* habilitiert sich in Jena und wird Privatdozent
1866	Beginn der Zusammenarbeit von *Zeiß* und *Abbe*
1871/72	Verkauf von Mikroskopen mit berechneten Objektiven
1875	*Abbe* wird Teilhaber der *Zeiß*-Werkstatt
1878	Nutzung der homogenen Immersion im Jenaer Mikroskopbau
1884	Gründung des Jenaer Glaswerkes *Schott* & Gen. mit *Zeiß* und *Abbe* als Teilhabern
1888	Zeiß stirbt am 3. Dezember in Jena
1889	Gründung der *Carl-Zeiß*-Stiftung durch *Abbe*
1905	*Abbe* stirbt am 14. Januar in Jena

Literaturverzeichnis zu Carl Zeiß und Ernst Abbe

[1] *Esche, P. G.:* Carl Zeiß — Leben und Werk. Hrsg. vom Stadtmuseum Jena. Jena 1966.

[2] *Engels, F.:* Dialektik der Natur. In: MEW. Bd. 20, Berlin 1962.

[3] *Schleiden, M. J.:* Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 1. Teil. 2. Aufl., Leipzig 1845.

[4] *Abbe, E.:* Gesammelte Abhandlungen. Bd. III, Vorträge, Reden und Schriften sozialpolitischen und verwandten Inhalts. Hrsg. von S. Czapski, Jena 1906.

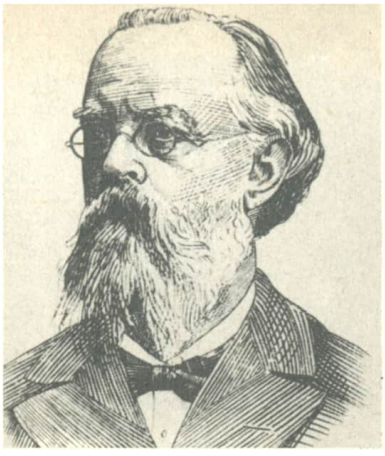
[5] *Harting, P.:* Das Mikroskop — Theorie, Gebrauch, Geschichte. Bd. 3. Geschichte und gegenwärtiger Zustand des Mikroskops, Braunschweig 1866.

[6] *Rötsch, M.:* Ernst Abbe. In: Deutsche Forscher aus sechs Jahrhunderten. 2. Aufl., Leipzig 1966.

Gustav Anton Zeuner (1828 bis 1907)

Gustav Anton Zeuner ist als Lehrer und Forscher, der einen bedeutenden Beitrag zur Herausbildung der ingenieurwissenschaftlichen Disziplin Technische Thermodynamik geleistet hat, nicht zuletzt aber als Begründer einer wissenschaftlichen Schule der Technischen Thermodynamik in die Wissenschaftsgeschichte eingegangen. Darüber hinaus haben seine wissenschaftsorganisatorischen Leistungen den Entwicklungsgang solcher Bildungseinrichtungen wie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, der Bergakademie Freiberg und der Technischen Hochschule Dresden wesentlich geprägt.

Gustav Anton Zeuner wurde am 30. November 1828 in Chemnitz (heute Karl-Marx-Stadt) als Sohn eines Tischlers geboren. Auf Schulbesuch und Ausbildung als



Tischlergeselle folgte von 1845 bis 1848 ein Studium an der 1836 gegründeten Chemnitzer Gewerbeschule. *Zeuners* Eltern wollten, daß ihr Sohn die väterliche Tischlerei übernehme. Für ihr Anliegen gewannen sie auch den Direktor der Gewerbeschule *Julius Ambrosius Hülße* (1812 bis 1876). Gegen beider Willen wurde der junge *Zeuner* 1848 Student der Bergakademie Freiberg. Er hatte zwar nicht die Arbeitsbedingungen in einem Fabrikbetrieb der zu einem Zentrum des deutschen Proletariats heranwachsenden sächsischen Industriestadt unmittelbar kennengelernt, immerhin aber die Anforderungen und Probleme der manuellen beruflichen Arbeit.

Auch als Student der Bergakademie Freiberg bemühte sich *Zeuner*, die Aneignung theoretischer Kenntnisse in Mathematik, Physik, Mineralogie und in anderen Fächern mit der Vervollkommnung seines Wissens über die Praxis sinnvoll zu verbinden. Er besuchte noch 1848 den praktisch-bergmännischen Vorbereitungskurs, der auf der „alten Mordgrube" bei Brand über und unter Tage stattfand, obwohl er dazu als „Extraneer" nicht verpflichtet war. (Als Extraneer wurden damals jene Studenten bezeichnet, „... die, um sich für einen anderen als den bergmännischen Beruf — so z. B. als Mechaniker, Feldmesser, Architekten, Landmesser, Pharmazeuten — auf der Bergakademie auszubilden, nur gewisse Vorlesungen besuchen" wollten. [1; S. 181])

Andererseits gab *Zeuner* bereits im zweiten Studienjahr Privatstunden in Mathematik und entdeckte seine Neigungen zum Lehrerberuf. Von besonderer Bedeutung für *Zeuners* wissenschaftliche Laufbahn wurde sein enger Kontakt zu dem Freiberger Professor der Mechanik und Bergmaschinenlehre *Julius Weisbach* (1806 bis 1871). Schon zu Beginn seines Studiums in dessen Familie aufgenommen, erhielt er von ihm auch besondere wissenschaftliche Förderung. Umgekehrt machte sich auch der Schüler für seinen Lehrer nützlich, fertigte anfangs Zeichnungen und Tabellen für die von *Weisbach* vorgesehenen Veröffentlichungen an und übernahm später teilweise dessen Unterricht.

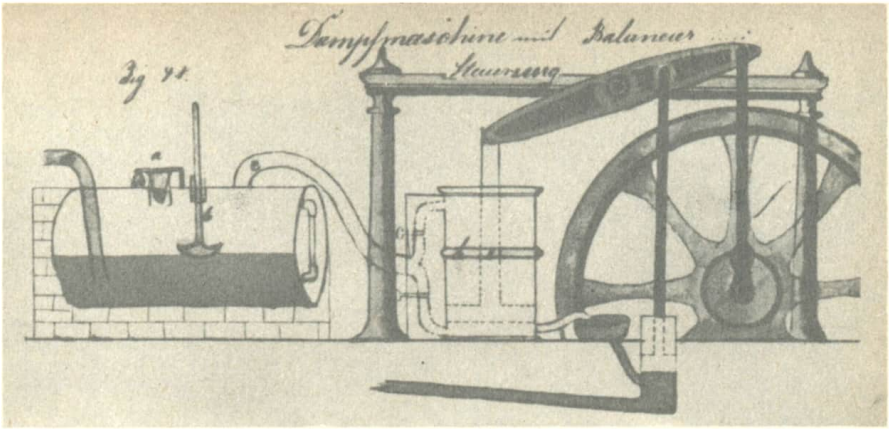
Für die Beurteilung des ganzen Menschen *Zeuner* nicht ohne Belang ist das Wissen um seine Beteiligung an den revolutionären Dresdner Kämpfen im Mai 1849.

Zeuner bewegte sich damit in einer Tradition, die durch das vorangegangene mehrfache aktive Eintreten deutscher Studenten für den gesellschaftlichen Fortschritt, gegen die Kräfte der Reaktion, geprägt war. Schon kurz nach Beginn seines Studiums an der Bergakademie war er Mitglied der Kommunalgarde geworden, der neben jungen Arbeitern und Studenten auch eine Reihe Freiberger Professoren angehörten. „Die Bergakademisten bildeten mit mehreren Professoren eine besondere Kompanie", und am 5. Mai 1849 rückte *Zeuner* mit der Kommunalgarde nach Dresden ab. Am Abend des darauffolgenden Tages übernahm er die Wache an einer Barrikade am Ende der Pirnaschen Gasse. Bei einer ungeschickten Bewegung entlud sich sein Gewehr. Die Kugel „ging tief unter die linke Brustseite, vertikal aufwärts wohl sämtliche Rippen beschädigend ... und blieb mitten auf der Schulter unter der Haut stecken", berichtete *Zeuner* später selbst. [2; S. 23 ff.] Damit war seine Teilnahme an der Revolution zwangsläufig beendet, gleichzeitig aber augenfällig dokumentiert. *Zeuners* revolutionäres Engagement führte nach dem Sieg der Reaktion zu seiner Verfolgung durch die Justiz, er wurde mehrfach verhört, bis er im Herbst 1850 von der „Königlichen Begnadigung" in Kenntnis gesetzt wurde. Immerhin verhinderte jedoch das gegen ihn ergangene Verbot, an sächsischen Bildungseinrichtungen unterrichten zu dürfen, daß *Zeuner* nach dem Ende seines Studiums (1851), seinen Berufswunsch, Lehrer zu werden, verwirklichen konnte. Die geschilderten Ereignisse waren für das weitere Leben *Zeuners* auch insofern nicht ohne Bedeutung, als er hinsichtlich der Wissenschaft und ihrer Organisation immer ein revolutionärer Geist geblieben ist. Das demonstrierte er schon wenige Jahre später, als er durch die Mitbegründung und spätere Hauptredaktion der ersten wissenschaftlichen deutschen Spezialzeitschrift auf dem Gebiet der Technik, der Zeitschrift „Civilingenieur", einen bedeutsamen Beitrag bei der Herausbildung ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen in der zweiten Hälfte des 19. Jh. leistete.

Der „Civilingenieur" wurde bald darauf auch zum Sprachrohr der von *Zeuner* vertretenen Technischen Thermodynamik.

Noch im Jahre 1851 lernt der frischgebackene Absolvent der Bergakademie auf einer Studienreise in Paris die bedeutenden französischen Physiker und Mathematiker *Jean Victor Poncelet* (1766 bis 1867) und *Victor Regnault* (1810 bis 1878) kennen. Besonders die wissenschaftlichen Ergebnisse *Regnaults* bezieht *Zeuner* später in seine Untersuchungen ein. Vorerst promoviert er jedoch mit einer Arbeit über das Foucaultsche Pendel 1853 an der Philosophischen Fakultät der Universität Leipzig. Nicht zuletzt wird dieser Lebensabschnitt des jungen Wissenschaftlers dadurch geprägt, daß er 1854 durch die Heirat mit *Bertha Kämnitz* (1831 bis 1900) eine eigene Familie gründet.

Zeuner folgte 1855 einer Berufung als Professor für Mechanik und theoretische Maschinenlehre an das gerade gegründete Eidgenössische Polytechnikum in Zürich. Damit begann die Zeit seiner fruchtbarsten wissenschaftlich-schöpferischen Tätigkeit, in der er sich mehr und mehr auf die Probleme der mechanischen Wärmetheorie konzentrierte und schließlich grundlegende Arbeiten zur Technischen Thermodynamik veröffentlichte, an deren Herausbildung er unmittelbar beteiligt war. Gleichzeitig leistete er als mehrjähriger Direktor des Zürcher Polytechnikums eine nicht zu unterschätzende wissenschaftsorganisatorische Arbeit.

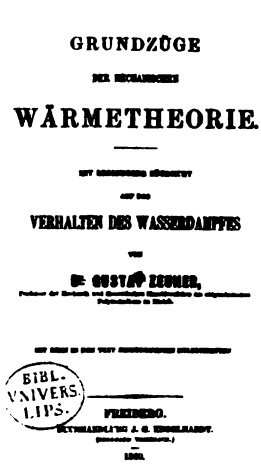


Skizze einer Dampfmaschine aus einer Vorlesungsnachschrift Zeuners

Analysiert man die Bedingungen der Industrie, des Handels und des Verkehrswesens jener Jahre, so stößt man häufig auf die Schlüsselposition, welche die Dampfmaschine in vielen Fällen einnahm. Ihre technische Entwicklung war durch und seit *James Watt* (1736 bis 1819) zwar teilweise theoretisch gestützt, vor allem aber durch experimentelle und handwerkliche Einzelergebnisse vorangetrieben worden. Die theoretischen Erkenntnisse der sich im Rahmen der Physik entwikkelnden Wärmelehre waren hinter den Anforderungen der Praxis zurückgeblieben, sie vermochten weder von der Substanz noch von den Darstellungsformen her einen praxisrelevanten Beitrag zu leisten. Erst durch die Arbeit von *Sadi Carnot* (1796 bis 1832) konnte 1824 mit Hilfe eines reversiblen Kreisprozesses Grundlegendes zur Beurteilung der Dampfmaschine gesagt werden, erst durch *Robert Julius Mayer* (1814 bis 1878) wurde das Prinzip von der Erhaltung der Energie Bestandteil wärmetechnischer Überlegungen. Erst durch die Bemühungen von William Thomson (1824 bis 1907) und *Rudolf Julius Emmanuel Clausius* (1822 bis 1888) wurden diese grundlegenden Erkenntnisse in den Hauptsätzen der Thermodynamik endgültig und widerspruchsfrei fixiert. Jedesmal vergingen Jahre, bis dieses Wissen zum Allgemeingut der Physiker, geschweige denn der Ingenieure wurde, und immer noch fehlten für die letzteren die für die Praxis erforderlichen anwendungsbereiten Formen der Theorie und die Möglichkeiten der unkomplizierten Kommunikation.

Zeuner sah diese Probleme, griff sie auf und trug weitgehend zu ihrer Lösung bei. 1859 sagte er in „seiner" Zeitschrift, dem „Civilingenieur": „Die Fragen, welche die Physiker beschäftigen, sind bis jetzt fast nur in mathematisch-physikalischen Zeitschriften behandelt worden. Es lag nun längst in meinem Plan, diesen wichtigen Gegenstand im ‚Civilingenieur' ebenfalls zur Sprache zu bringen, dadurch zu Beobachtungen und Versuchen in der Praxis anzuregen ..." [3; S. 167]

Im Jahre 1860 erschien mit *Zeuners* Werk „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie" [4] das erste deutschsprachige Lehrbuch der technischen Wärmelehre, das auf der Grundlage des im Bereich der Physik gesicherten Wissens in zusammenfassender Form eine vom Ingenieur anwendbare theoretische Methode enthielt. Mit diesem Buch, das in russischer und französischer Sprache ebenso Erfolg hatte, 1866


GRUNDZÜGE

WÄRMETHEORIE.

VERHALTEN DES WASSERDAMPFES

BIBL. UNIVERS. LIPS.

Titelblatt zu Zeuners „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie"

in zweiter deutscher Auflage erschien, 1877 einen unveränderten Nachdruck erlebte und ab 1887 in mehreren Auflagen (Leipzig 1900—1901, Leipzig 1905—1906) unter dem Titel „Technische Thermodynamik" Verbreitung fand, begründete *Zeuner* in besonders eindrucksvoller Weise seinen bedeutenden Anteil bei der Herausbildung einer tatsächlich auf die Technik orientierten Thermodynamik. Aber auch in zahlreichen Zeitschriftenartikeln lieferte er wertvolle Beiträge zur immer besseren Beherrschung in der Praxis genutzter wärmetechnischer Vorgänge, so z. B. mit seiner Arbeit zur „Theorie der überhitzten Wasserdämpfe" (1867). [6; S. 41]

Zeuner hatte sich bald einen herausragenden Ruf erworben. Zusammen mit ihm arbeitete *Rudolf Clausius* am Zürcher Polytechnikum, den er zu seinen „physikalischen" Vorbildern rechnete. Zu *Zeuners* Schülern gehörten *Carl von Linde* (1841 bis 1934) und *Wilhelm Conrad Röntgen* (1845 bis 1923). Von den zahlreichen Berufungen, die ihn erreichten, nahm er schließlich jene an, die ihn 1871 zurück in seine alte Heimat führte. Gleichzeitig mit der Direktion der Bergakademie Freiberg übernahm er den Lehrstuhl seines ehemaligen Lehrers *Weisbach*, der im gleichen Jahr gestorben war. Mit der Reorganisation der institutionell und strukturell veralteten, vom absolutistischen Staatsapparat geprägten Bildungsstätte hat er sich auch hier ein bleibendes Denkmal gesetzt. Ergebnis seines Wirkens war u. a. die statutenmäßige Festlegung der Gleichheit aller Studenten, die Einführung der Diplomprüfung und eine wachsende Qualität der Ausbildung. Die ansteigenden Zahlen in Freiberg eingeschriebener Studenten dokumentierten den Erfolg seiner Bemühungen nachdrücklich. Schon 1873 wurde *Zeuner* als Direktor und Professor für Mechanik und Theoretische Maschinenlehre an das Polytechnikum Dresden berufen. Zwischen 1873 und 1875 bewältigte er die Funktionen in Freiberg und Dresden gleichzeitig, hielt Vorlesungen an beiden Bildungseinrichtungen, bis er sich 1875 ausschließlich auf die Arbeit in Dresden konzentrierte. Durch seine Initiative wurde in den nachfolgenden Jahren am Dresdner Polytechnikum eine Hochbauabteilung zur Ausbildung von Architekten gegründet und die allgemeine Abteilung wesentlich erweitert. Diese Erweiterung vollzog sich im Ergebnis einer „Versammlung von Delegierten der Technischen Hochschulen des Deutschen Reiches", die 1878 unter

dem Vorsitz von *Zeuner* in Dresden getagt und die Aufnahme der allgemeinbildenden Fächer in den Lehrbetrieb der technischen Hochschulen empfohlen hatte. Hierbei ging es — orientiert an den Zielen der kapitalistischen Gesellschaftsordnung — vor allem um eine politisch-ideologische Einflußnahme auf die Studierenden. In Dresden umfaßte die allgemeine Abteilung die Lehrstühle für Geschichte, Philosophie, Nationalökonomie und Statistik, Pädagogik, Kunstgeschichte, deutsche Sprache und Literatur. Besondere Aufmerksamkeit widmete *Zeuner* dem Ausbau der Mechanischen Abteilung des Polytechnikums, in der sein eigentliches Arbeitsgebiet beheimatet war. Die Einführung der Habilitationsordnung (1878), der Diplomprüfung (1883) und des Wahlrektorats (1890) — letzteres verbunden mit dem neuen Status einer Technischen Hochschule und der Abgabe seiner Direktorfunktion — waren weitere wichtige Schritte, die unter *Zeuners* Leitung vollzogen werden konnten.

In diesen Jahren wurde *Zeuner* Begründer der Dresdner wissenschaftlichen Schule der Technischen Thermodynamik. Mit ihr sind solche Namen wie *Richard Mollier* (1863 bis 1935), *Ernst Kraft Wilhelm Nußelt* (1882—1957) und *Friedrich Merkel* (1892 bis 1929) auf das engste verbunden. *Merkel*, der nach *Mollier* den Lehrstuhl *Zeuners* an der TH Dresden übernommen hatte, schrieb 1929: „Auf allen anderen Gebieten hätte sich die Entwicklung vielleicht nicht anders und nicht viel langsamer vollzogen, wenn *Zeuners* Mitwirkung gefehlt hätte; auf dem Gebiet der technischen Wärmelehre können wir uns aber seine Leistungen nicht hinwegdenken, können wir gar nicht absehen, welchen Weg sie ohne ihn hätte nehmen sollen." [7; S. 45] *Zeuners* Arbeitsweise, die von seinen Schülern weitgehend übernommen worden ist, wurde durch folgende Merkmale geprägt: Berücksichtigung der grundlegenden Ergebnisse der physikalischen Forschung; Vereinfachung komplizierter Zusammenhänge (des Dampfmaschinenprozesses) mit dem Ziel mathematischer Darstellbarkeit und praxisgerechter Anwendbarkeit; Berechnung sowie graphische und tabellarische Darstellung der im Bereich der Wärmetechnik benötigten Kennwerte; vorausschauende theoretische Bearbeitung von Problemen zukünftiger technischer Anwendungen; Verständlichkeit, Anschaulichkeit und Klarheit der Darstellung; rasche Veröffentlichung von Ergebnissen in einer durch den Ingenieur nutzbaren Form.

Die erfolgreiche Arbeit *Zeuners* wurde noch zu seinen Lebzeiten durch zahlreiche Ehrungen gewürdigt. Er war u. a. Mitglied vieler wissenschaftlicher Akademien und Gesellschaften des In- und Auslandes, Ehrendoktor der Universität Bologna und der Technischen Hochschule Dresden, Ehrenbürger der Städte Freiberg und Zürich. *Gustav Anton Zeuner*, der am 17. Oktober 1907 in Dresden gestorben ist, hat durch sein Wirken auf einzigartige Weise die Schlußfolgerungen aus den umfangreichen Erfahrungen bei der Entwicklung des technischen Bildungswesens mit den Aufgaben der von ihm vertretenen ingenieurwissenschaftlichen Disziplin verknüpft.

Lebensdaten zu Gustav Anton Zeuner

1828	Am 30. November in Chemnitz (heute Karl-Marx-Stadt) geboren
1848 bis 1851	Studium an der Bergakademie Freiberg, Zusammenarbeit mit *Julius Weisbach*

1849	Teilnahme an den revolutionären Dresdner Maikämpfen
1851	Studienreise nach Frankreich
1853	Übernahme der Hauptredaktion der von *Zeuner* mitbegründeten Zeitschrift „Der Civilingenieur"
1855	Berufung als Professor für Mechanik und Theoretische Maschinenlehre an das Eidgenössische Polytechnikum Zürich
1860	Veröffentlichung des ersten deutschsprachigen Lehrbuches der technischen Wärmelehre
1865 bis 1868	Direktor des Zürcher Polytechnikums
1871 bis 1875	Direktorat an der Freiberger Bergakademie
1873 bis 1890	Direktor des Polytechnikums Dresden
1907	Am 17. Oktober in Dresden verstorben

Literaturverzeichnis zu Gustav Anton Zeuner

[1] Jahrbuch für den Berg- und Hüttenmann der Bergakademie Freiberg. Jg. 1850.

[2] *Zeuner, G.:* Aus meinem Leben. Für meine Kinder niedergeschrieben. (Unveröffentl. Manuskript).

[3] *Zeuner, G.:* Die mechanische Wärmetheorie mit besonderer Anwendung derselben zur Untersuchung der Eigenschaften des Wasserdampfes. In: Der Civilingenieur, Freiberg 5 (1859), S. 167—179.

[4] *Zeuner, G.:* Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie ... Freiberg 1860.

[5] *Zeuner, G.:* Technische Thermodynamik. Bd. 1—2, Leipzig 1887/90.

[6] *Zeuner, G.:* Theorie der überhitzten Wasserdämpfe. In: Zeitschrift des VDI, Düsseldorf 11 (1867) 1, Sp. 41—66.

[7] *Merkel, F.:* Gustav Anton Zeuner und die technische Wärmelehre. In: Zeitschrift des VDI, Düsseldorf 73 (1929) 2, S. 45—48.

[8] *Baumgärtel, H.:* Gustav Zeuner und die Reorganisation der Bergakademie 1872—1875. Zu seinem 50. Todestag. In: Bergakademie, Freiberg 9 (1957) 10, S. 435—537.

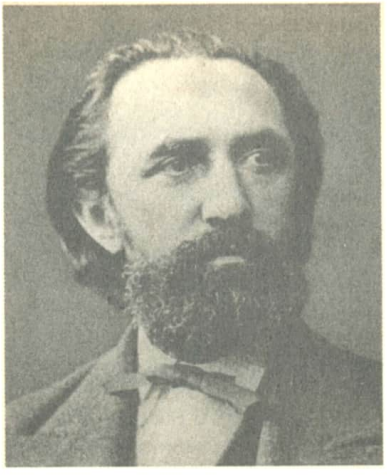
[9] *Pawlowitsch, A.:* Zum wissenschaftlichen Schaffen Gustav Zeuners aus heutiger Sicht. In: Maschinenbautechnik, Berlin 27 (1978) 11, S. 484—487.

Franz Reuleaux (1829 bis 1905)

Für die Herausbildung der Technikwissenschaften war die industrielle Revolution eine wesentliche Voraussetzung.

In ihrem Verlaufe wurden jene Bedürfnisse — aber auch die Möglichkeiten ihrer Realisierung — geschaffen, die auf eine wissenschaftliche Durchdringung des Maschinenbaus drängten.

In Deutschland hatte diese Mitte des 19. Jh. ihren Ausgang genommen. Besonders die im Umkreis der „École Polytechnique" geschaffene technische Mechanik stellte dank dem theoretischen Vorlauf ihrer naturwissenschaftlichen Grundlagen ein wichtiges Fundament der ersten Maschinenwissenschaften dar. Großen Anteil bei der Herausbildung des wissenschaftlichen Maschinenwesens hatten *Karl Karmarsch* (1803 bis 1879), *Julius Weisbach* (1806 bis 1871) und *Ferdinand Redtenbacher* (1809 bis 1863). Die Ansätze der großen französischen Polytechniker ausbauend,



Franz Reuleaux

waren sie es, welche die Fächer des Maschinenbaus als selbständige Disziplinen an den Polytechnika etablierten.

Es galt im weiteren, diesen Weg fortzusetzen, die einzelnen Disziplinen wissenschaftlich zu untermauern, zu einem System der Maschinenwissenschaften auszubauen und zu größerer Praxiswirksamkeit zu führen. Zu den namhaften Vertretern dieser Konsolidierungsperiode gehörte neben *Franz Grashof* (1826 bis 1893) und *Gustav Zeuner* (1828 bis 1907) auch *Franz Reuleaux*. Sein Beitrag zur größeren Eigenständigkeit und Geschlossenheit der technischen Wissenschaften galt insbesondere der Systematisierung der Erkenntnisse der Maschinenbaufächer und der Klassifikation wesentlicher Begriffe. Seine Hauptleistung aber war die Begründung der modernen Kinematik und Getriebelehre. Darüber hinaus hatte *Reuleaux'* Wirken nicht zuletzt wegen seiner umfassenden Auseinandersetzung mit vielen Wissensgebieten großen Anteil bei der Emanzipation der technischen Bildung.

Franz Reuleaux wurde am 30. September 1829 in Eschweiler bei Aachen geboren. Sowohl der Vater, Gründer einer der ersten deutschen Maschinenfabriken, als auch seine beiden Großväter übten technische Berufe aus. So nimmt es nicht wunder, daß *Reuleaux* nach dem Besuch der Schule 1846 eine Maschinenbaulehre in der väterlichen Werkstatt aufnahm. Zugleich bereitete er sich gründlich auf den Besuch der polytechnischen Schule vor. Von 1850 bis 1852 studierte *Reuleaux* unter *Redtenbacher* in Karlsruhe Maschinenbaukunde, um danach an den Universitäten Bonn und Berlin seine Kenntnisse über Philosophie, Mathematik und Mechanik zu vervollkommnen. Die Anregung, sich mit philosophischen Fragen zu beschäftigen, mag von *Redtenbacher* gekommen sein, zu dessen aufmerksamsten und begabtesten Schülern *Reuleaux* zählte.

Seit 1854 war *Reuleaux* als selbständiger Ingenieur in einer Kölner Maschinenfabrik tätig, wo ihn die praktische Tätigkeit zur Niederschrift seines ersten Fachbuches anregte. Nach dem Vorabdruck des ersten Kapitels über die Festigkeit der Materialien (1853) gab er in den Folgejahren die „Construktionslehre für den Maschinenbau" heraus. Auf der Suche nach wissenschaftlichen Konstruktionsprinzipien war dies nach den Arbeiten *Redtenbachers* ein wichtiger Schritt, die Konstruktionslehre

von ihrer Unterordnung unter die angewandte Mechanik zu befreien. Wegen seiner hervorragenden Gliederung, seines klaren Stils und der geradezu mustergültigen Zeichnungen — kurz, seiner guten Handhabbarkeit wegen, erregte dieses Lehrbuch große Aufmerksamkeit. Äußerst interessant und neuartig war das letzte, auch gesondert abgedruckte, Kapitel über den Maschinenbaustil. Darin wurden erstmals Gedanken zu einer maschinenbaulichen Formgestaltung geäußert, welche nicht allein den Architekturstilen entlehnt war. Indem *Reuleaux* eine Formfindung aus der Einheit von Festigkeitsverhalten, Zweckrichtung und ästhetischen Beziehungen postulierte, erfaßte er die Spezifik des technischen Stils. Wenn auch vieles an diesen Überlegungen den in jener Zeit verbreiteten Auffassungen des Historismus verhaftet war und unterdessen überholt ist, enthält dieses Kapitel dennoch richtungweisende Gedanken.

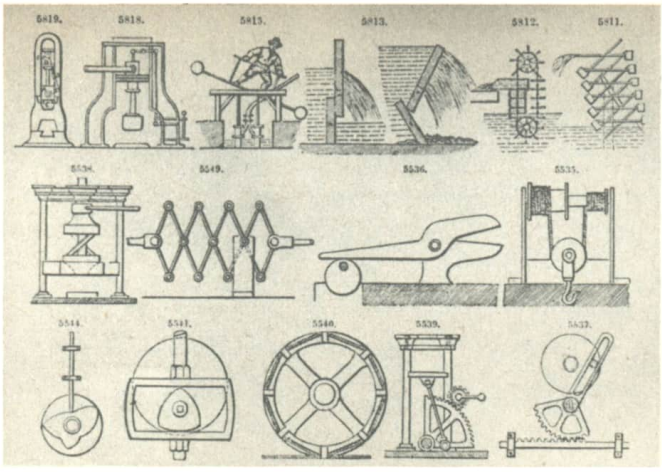
Die günstige Aufnahme seines Erstlingswerkes hatte zur Folge, daß *Reuleaux*, auch auf Betreiben *Zeuners*, einen Ruf als ordentlicher Professor an die Mechanisch-technische Abteilung am Polytechnikum Zürich erhielt. Diese mit Hochschulcharakter konzipierte Einrichtung verfügte über einen hervorragenden Lehrkörper, welcher sich aus bedeutenden Naturwissenschaftlern und Ingenieuren zusammensetzte. Sie hatte auf das Ansehen der technischen Wissenschaften und die Entfaltung des technischen Bildungswesens in Deutschland einen bedeutenden Einfluß.

Für das Prinzip der Einheit von Lehre und Forschung, welches in Zürich vertreten wurde, war *Reuleaux* geradezu prädestiniert. Mit einer außerordentlichen Lehrbegabung versehen und auf einem Fundus eigener Forschungsergebnisse aufbauend, verstand er es, seine Schüler zu begeistern. Sein formvollendeter, lebendiger und anregender Vortrag ließ ihn auch spröde Stoffe elegant bewältigen. Verständnis für allgemeine Zusammenhänge, Weltblick und eine vielseitige Allgemeinbildung versetzten *Reuleaux* in die Lage, über den fachlichen Horizont hinaus auch bewußtseinsbildend zu wirken.

Neben seinen Vorlesungen, die den Kern seiner Tätigkeit bildeten, zählte zu den wissenschaftlichen Ergebnissen von *Reuleaux'* Züricher Jahren vor allem das Lehrbuch „Der Construkteur" (1861). Es galt etwa drei Jahrzehnte als das Standardwerk des Konstruierens. Fünf Auflagen und Übersetzungen in vier Sprachen belegen das große Interesse an diesem Handbuch. Noch mehr als in der „Construktionslehre" kam darin *Reuleaux'* Drang zum Ausdruck, die Fülle maschinentechnischer Gebilde zu ordnen. Ein Ergebnis dessen war die Abtrennung der Lehre von den Maschinenelementen als selbständiges Fach. Hervorzuheben ist auch seine Aufforderung an den Konstrukteur, feste Normalkonstruktionen anzustreben.

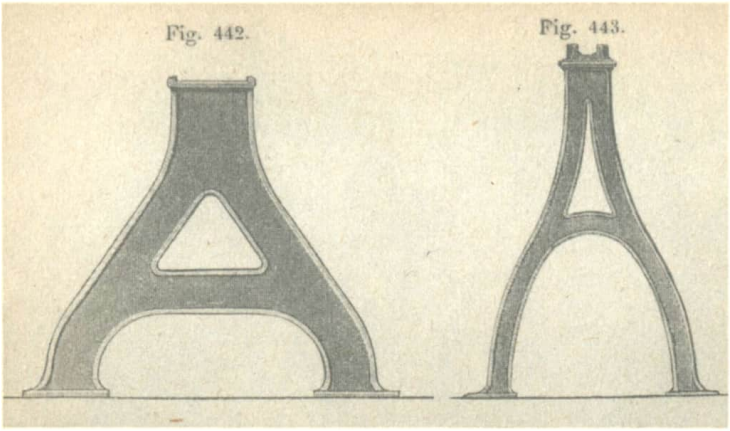
Reuleaux wurde 1864 als Professor für Maschinenkunde an das Gewerbeinstitut in Berlin berufen. Der inzwischen zur Gewerbeakademie erhobenen Einrichtung stand er von 1867 bis 1879 als Direktor vor. Nach der Verschmelzung der Bau- und der Gewerbeakademie zur Technischen Hochschule (1879) leitete er die Abteilung für Maschineningenieurwesen und hatte 1890/91 das Amt des Rektors inne. In seine Berliner Zeit fällt auch die Beschäftigung mit der Kinematik.

Mit wachsender Mechanisierung der Produktion rückte die Lehre von der Bewegung der Mechanismen und Maschinen in den Blickpunkt wissenschaftlicher Betrach-



Typische Mechanismen des 19. Jh.

tung. *Reuleaux'* Verdienst war es, aufbauend auf die Bewegungslehre der französischen Polytechniker, diese an die praktischen Maschinenprobleme anzupassen. Im Ergebnis dessen stand die Herausbildung einer wahrhaft technischen Disziplin, der Maschinenkinematik oder „Zwanglauflehre", wie er sie treffend bezeichnete.
Leistete gerade die Kinematik in ihrer theoretischen Strenge einen gewichtigen Beitrag zur Verwissenschaftlichung des Maschinenwesens, so barg doch die nunmehr einsetzende Phase ihrer relativ eigenständigen Entwicklung — die zweifellos zur Vervollkommnung des theoretischen Unterbaus notwendig war — auch die Gefahr einer gewissen Einseitigkeit in sich.
Die Neuordnung der kinematischen Grundlagen begann *Reuleaux* mit einem entwicklungsgeschichtlichen Exkurs, aus welchem er Möglichkeiten zur Ordnung und Klassifikation herleitete. Bei einer solchen Begriffsbildung stellte die „Maschine" einen Kernpunkt dar. Im Sinne seiner Zwanglauflehre kam *Reuleaux* zu folgender Definition: „Eine Maschine ist eine Verbindung widerstandsfähiger Körper, welche so eingerichtet ist, daß mittels ihrer mechanische Naturkräfte genötigt werden können, unter bestimmten Bewegungen zu wirken." [3; S. 38] Diese zwar einseitige, aber logisch in das System der Kinematik passende Begriffsbestimmung löste berechtigte Zweifel aus. [vgl. 4] Strittig war insbesondere das Fehlen des sozialökonomischen Moments der Maschine. Die Auseinandersetzung damit spricht für den Prozeß des begrifflichen Bewußtwerdens des Gegenstandes der Maschinenwissenschaften und war insofern kein leeres Wortgefecht. Schon die Grenzen der Ordnungssuche von *Reuleaux* zeigten an, daß die Kinematik nur einen Ausschnitt des „Maschinenproblems" widerspiegeln konnte.
Die Gesetze des Zwanglaufes faßte *Reuleaux* in klassischer Form zusammen und legte sie erstmals 1875 geschlossen in seiner „Theoretischen Kinematik" vor. Als ersten Schritt bildete er die Konstellation der Maschinenelemente als funktionale Anordnung ohne Berücksichtigung von Gestalt und äußeren Kräften ab. Mit diesem Gewinn an Klarheit erreichte er das Ziel einer kinematischen Analyse, die Aufstellung mathematischer Bewegungsgleichungen. Darüber hinaus war seine Kinematik eingebunden in den Versuch, die logischen Zusammenhänge bei der Erfindung

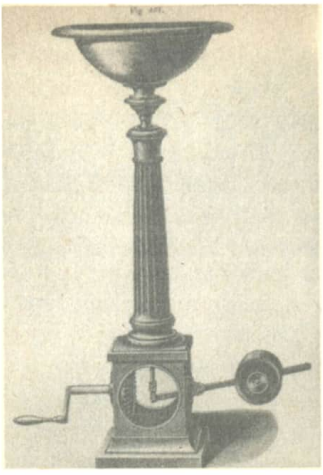


Gestalterische Ausführungen von Lagerstühlen

einer Maschine zu ergründen. Die daraus folgende exakte Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten sollte ein wissenschaftliches Erfinden ermöglichen. *Reuleaux* wandte sich damit gegen Meinungen, wonach eine Erfindung bar jeder Gedankenfolge eine Art Offenbarung ist und wies auf eine Lücke im Erkenntnisprozeß hin. Die Schaffung von Mechanismen durch Kombination auf einfachen Elementpaaren aufgebauter kinematischer Ketten, die kinematische Synthese, war dabei sein kühnstes Projekt.

Bei seinem deduktiven Vorgehen übersah *Reuleaux* jedoch, daß der kinematische Bewegungsablauf der Maschinen von ganz realen Kräften diktiert ist und insbesondere die Massenwirkungen und die Reibung einen nicht unerheblichen Anteil daran haben. Dynamische Einflüsse und konstruktive Randwerte gehörten jedoch in jener Zeit der empirischen Ebene an und waren seinen strengen Methoden nicht zugänglich. Noch vieler Zwischenschritte bedurfte es von einer rein intuitiven Erfindung bis zur wissenschaftlichen Konstruktion (die auch im *Reuleaux*schen Sinne keineswegs eines gewissen Maßes an Intuition entbehren sollte). Sein Versuch, einen weiten Bogen von der Entwicklungsgeschichte der Maschine bis zur Antizipation künftiger technischer Gebilde zu spannen, mußte am Erkenntnisstand des 19. Jh. scheitern. Der synthetische Erfindungsprozeß blieb vorerst ein Wunschtraum.

Entsprechend war auch das Echo auf die Arbeiten von *Reuleaux*. Es reichte von rückhaltloser Bewunderung und euphorischer Zustimmung bis hin zu Skepsis, heftiger Ablehnung und vehementem Protest. [vgl. 5] Zur berechtigten Kritik gehörte die Einschätzung, daß der geometrische Mechanismus nicht den alleinigen Zusammenhang der Maschinenbewegung darstelle. Pragmatisch gefärbte und weit überzogene Angriffe auf *Reuleaux* warfen ihm in gehässiger Weise vor, sich durch eine mathematisch-abstrakte Darstellung mit dem Nimbus der Wissenschaftlichkeit umgeben zu wollen. Auf große Resonanz hingegen stieß die „Kinematik" im Ausland. Besonders in England und den USA fand sie einen fruchtbaren, weil unkonventionellen Boden. Insgesamt sind die Auseinandersetzungen um die Kinematik Ausdruck für das methodische Ringen innerhalb der Technikwissenschaften.



Parabolischer Regulator
im Stil eines antiken Kandelabers

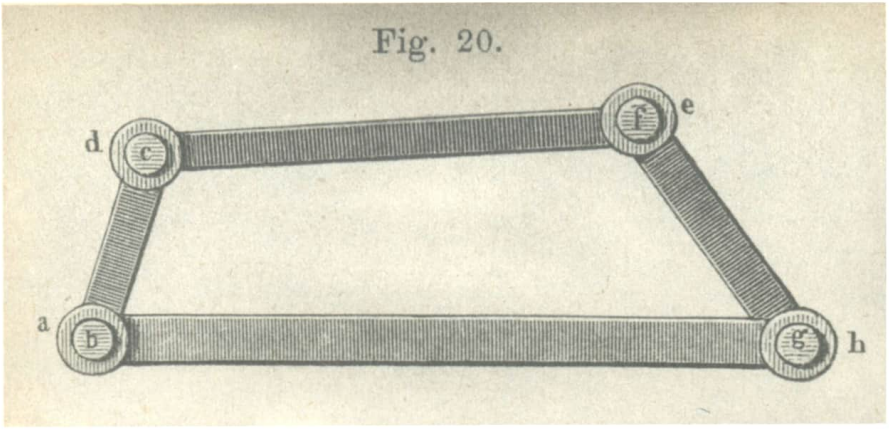
Sie leiteten einen Wandel in den Auffassungen über die Ingenieurausbildung und -forschung ein.

Die meisten Maschinenbauer waren sich einig darin, daß allein der wissenschaftlich betriebene Maschinenbau dem technischen Fortschritt standhalten und ihn tragen konnte. Nur über Struktur und Methoden dieser Wissenschaft herrschte Uneinigkeit. Es hatte sich gezeigt, daß die ersten Verwissenschaftlichungsbestrebungen trotz des erreichten hohen theoretischen Niveaus einzelner Disziplinen, wie der Kinematik, nicht sofort praktische Erfolge nach sich zogen. Dies war ein Grund, daß sich Ratlosigkeit und Kritik an den herkömmlichen Methoden unter den Ingenieuren verbreiteten.

Verschärft wurde diese Situation durch die Entwicklung auf dem Weltmarkt. In den siebziger Jahren kam es zu einem schnellen Vorrücken der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Setzte die Weltausstellung in Philadelphia (1876) ein erstes Achtungszeichen für die deutsche Industrie und die technischen Hochschulen, so brachte die Ausstellung in Chicago (1893) einen noch nachhaltigeren Impuls für die Entwicklung der Technikwissenschaften in Deutschland.

Reuleaux hatte bereits 1877 in seiner Eigenschaft als Reichskommissar für Weltausstellungen die Produkte der deutschen Industrie mit dem Prädikat „billig und schlecht" [7; S. 5] versehen. Nachdem sich die Wogen nationalistischer Empörung darüber geglättet hatten, wurde seinen Hinweisen nach „Konkurrenz durch Qualität" [7; S. 16] mehr Gehör geschenkt. Denn immer dringlicher wurde im Maschinenbau die Berücksichtigung von Forderungen nach Wirtschaftlichkeit, niedrigem Preis, Präzision, Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit, leichter Bedienung und niedrigem Gewicht.

Der Weg dahin führte an den technischen Hochschulen über eine praxisnahe Ausbildung. Ihr wurde besonders durch die Einrichtung von Maschinenlaboratorien in den 80er und 90er Jahren Rechnung getragen. In dieser Phase des Strukturwandels der Ausbildung zeigte sich, daß *Reuleaux* nur bedingt bereit war, den neuen Strömungen zu folgen. Oft hielt er auch dort verbissen am Alten fest, wo Neuerungen und Ergänzungen zu überkommenen Auffassungen längst fällig waren. *Reuleaux*,



Einfache kinematische Kette

dessen Vorstellungen von Wissenschaftlichkeit sich noch nicht gänzlich von der Strenge naturwissenschaftlicher Methodenideale gelöst hatten, geriet in Konflikt mit jenen vorwärtsdrängenden Kräften, welche die Entwicklung des Versuchswesens voranbrachten. Deren streitbarer Wortführer *Alois Riedler* (1850 bis 1936) wurde bald zum „Gegenspieler" *Reuleaux'*. Freilich waren auch *Reuleaux'* Vorbehalte nicht ganz unberechtigt, denn zu einer sinnvollen und vor allem angemessenen Einbeziehung experimenteller Ergebnisse in Lehre und Forschung fehlte es oft noch an Erfahrung. Erst nach vielen weiteren Untersuchungen konnte ein neuerlicher Ausgleich zwischen Empirischem und Theoretischem, zwischen wissenschaftlichem Vorlauf und ingenieurtechnischer Umsetzung, zwischen technikwissenschaftlicher Theorie und praktikabler Anwendung vollzogen werden. In diesem Ringen mußte *Reuleaux* viel Anfeindung erfahren, was ihn schließlich veranlaßte, 1896 sein Lehramt voller Verbitterung niederzulegen. *Reuleaux* hatte eine schulbildende Lehre geschaffen. Er selbst hatte noch die Herausgabe des zweiten Bandes seiner „Kinematik" (1900), in welchem er noch tiefer als vorher in die Bewegungsgeometrie eingedrungen ist, besorgen können. Die Vollendung eines dritten Bandes ist *Reuleaux* versagt geblieben.

Zu seinen bedeutendsten Schülern, welche nicht zufällig auf sehr verschiedenen Gebieten tätig waren, zählen *Wilhelm Hartmann* (1853 bis 1922), *Carl von Linde* (1842 bis 1934), *Carl Weihe* (1872 bis 1959) und *Trajan Rittershaus* (1843 bis 1899). In den 40er Jahren unseres Jahrhunderts erfuhr die Kinematik einen erneuten, ihrer Bedeutung entsprechenden Aufschwung. Gegenwärtig ermöglicht es die moderne Rechentechnik, *Reuleaux'* kinematisches Konzept umfassender praktisch zu nutzen. Damit ist auch die kinematische Synthese ihrer Verwirklichung nähergerückt. Verweise auf *Reuleaux* in vielen zeitgenössischen Fachbüchern künden von seinem bahnbrechenden Werk. Nicht zuletzt vermittelt die von ihm geschaffene und oft kopierte kinematische Sammlung (*Reuleaux*-Sammlung) ein eindrucksvolles Bild von den Pionierleistungen dieses großen Forschers.

Reuleaux' Blick für große Zusammenhänge, Phantasie, Sprachkenntnis (u. a. Arabisch, Sanskrit) und schöpferisches Können führten auch auf anderen Gebieten

zu beachtlichen Äußerungen. Das erstaunlich breite Spektrum seiner Interessen und Fähigkeiten reichte von Sprache, Kultur, Philosophie, Ästhetik bis hin zur Anthropologie. [vgl. 8] Das gesellschaftliche Engagement von *Reuleaux*, das bereits in seinen beherzten Worten zur Misere der deutschen Industrie — welche ihm eine Flut von Verwünschungen, Zurückweisungen, öffentlicher Verwahrung und Bezichtigung der Inkompetenz eingebracht hatten — seinen Ausdruck fand, ist an einer Vielzahl weiterer Beispiele abzulesen.

Reuleaux war Ehrenmitglied vieler deutscher und ausländischer Gesellschaften, Preisrichter bei mehreren Weltausstellungen, maßgeblich beteiligt an der Schaffung eines deutschen Patentrechtes, Förderer des Kunstgewerbes u. a. m. Dem Sprachschöpfer auf technischem Gebiete verdanken wir heute noch gebräuchliche Begriffe wie „Verbund", „Zwanglauf" und „Austauschbau". Für sein literarisches Talent und seinen geschliffenen Stil sprechen eine Reihe überaus interessanter und lesenswerter Beschreibungen seiner ausgedehnten Reisen sowie einige Gedichtübersetzungen.

Dem technischen Fortschritt offen gegenüberstehend, wurde *Reuleaux* auch Befürworter und Förderer der noch jungen Elektrotechnik und der Entwicklung der Verbrennungsmotoren. Das Preisrichteramt auf Ausstellungen schärfte seinen Blick für Neuerungen, die er oft vor ihrem weltweiten Durchbruch erkannte, als Anregung aufnahm und auch weitergab. Beispiele dafür sind das Schrägwalzverfahren, der Austauschbau auf der Grundlage der Feinmeßtechnik und der *Taylor*sche Schnelldrehstahl. In seiner Eigenschaft als Preisrichter verhalf er auch der Gasmaschine von *Nikolaus Otto* (1832 bis 1891) und *Eugen Langen* (1833 bis 1895) auf der Pariser Weltausstellung 1867 zur ersten öffentlichen Anerkennung. Mit seinen Vorstellungen, die Lösung der sozialen Frage durch Kleinbetriebe auf der Basis von Gaskraftmaschinen zu erreichen, beschritt er jedoch Irrwege. *Reuleaux*' ausgedehnte Beschäftigung mit allgemeinen Fragen der Technik hat ihm den Ruf eines Mitbegründers der Technikphilosophie eingebracht. Allerdings mußte er sich mit seinen philosophischen Reflexionen den Vorwurf des Eklektischen gefallen lassen.

Am 20. August 1905 stirbt *Franz Reuleaux*. Sieben Jahre nach seinem Tode wurde ihm zu Ehren im Park der Technischen Hochschule in Charlottenburg ein Denkmal mit der Inschrift errichtet:

„Franz Reuleaux, dem Forscher und Lehrer,
Ergründer des Zusammenhanges von Technik
mit Wissenschaft und Leben".

Lebensdaten zu Franz Reuleaux

1829	Am 30. September in Eschweiler bei Aachen geboren
1846 bis 1850	Maschinenbaulehre in der väterlichen Werkstatt
1850 bis 1854	Studium an der Polytechnischen Schule Karlsruhe sowie an den Universitäten Bonn und Berlin
1854 bis 1856	Selbständiger Ingenieur in einer Kölner Maschinenfabrik
1854	Herausgabe der „Construktionslehre für den Maschinenbau" zusammen mit *C. L. Moll*

1856	Berufung als ordentlicher Professor für Maschinenlehre an das Polytechnikum Zürich
1861	„Der Construkteur"
1862, 1867, 1873 und 1876	Preisrichter zu Weltausstellungen
1867	Berufung an die Gewerbeakademie und spätere Technische Hochschule Berlin; Vorstand der Abteilung für Maschineningenieurwesen
1875	„Theoretische Kinematik" (1900 erscheint der 2. Band)
1890/91	Rektor der Technischen Hochschule Berlin
1905	*Franz Reuleaux* stirbt am 20. August in Berlin

Literaturverzeichnis zu Franz Reuleaux

[1] *Moll, C. L., F. Reuleaux:* Constructionslehre für den Maschinenbau. Braunschweig 1854—1862.
[2] *Reuleaux, F.:* Der Constructeur. Braunschweig 1861.
[3] *Reuleaux, F.:* Theoretische Kinematik. Braunschweig 1875.
[4] *Beck, Th.:* Über den Begriff „Maschine". In: Der Civilingenieur, Leipzig 23 (1877, S. 411—416 und S. 653—656.
[5] *Lüders, J.:* Wider Herrn Reuleaux! Kiel 1877.
[6] *Ferguson, E. S.:* Kinematics of Mechanisms from the Time of Watt. In: United States National Museum, Bulletin 228, Washington 1962, S. 213—218.
[7] *Reuleaux, F.:* Briefe aus Philadelphia. Braunschweig 1877.
[8] *Reuleaux, F.:* Kultur und Technik. Abdruck eines Vortrages im November 1884 im Niederösterreichischen Gewerbeverein in Wien, Berlin 1884.

Nikolaus August Otto (1832 bis 1891)

Am 9. Mai 1876 begann zum ersten Male ein Motor in dem Rhythmus (Viertakt) zu schlagen, der heute in Kraftwagen, Flugzeugen und Schiffen millionenfach pulsiert. Das war „*Otto*s Neuer Motor", mit dem eine Quelle erschlossen wurde, deren befruchtender Strom eine neue Industrie hervorrief, denn damit gelang der entscheidende Durchbruch für die Motorentechnik der Welt.

Bereits neun Jahre zuvor hatte *Nikolaus August Otto* auf der Pariser Weltausstellung (Mai 1867) durch seine atmosphärische Gasmaschine, die von ihm gemeinsam mit dem deutschen Ingenieur *Eugen Langen* (1833 bis 1895) konstruiert worden war, sensationelles Aufsehen erregt. Es liefen zwar schon 1864 allein in den Pariser Betrieben und Werkstätten mehr als 130 *Lenoir*sche Gasmotoren (liegender Zweitaktmotor, doppeltwirkend), sie bargen jedoch wesentliche Mängel (vor allem hoher Gas- und Schmierstoffverbrauch). Daher war es eine große Überraschung, als auf der Exponatschau die beiden Deutschen einen Gasmotor vorstellten, der bei gleicher Leistung nur etwa ein Drittel der Gasmenge *Lenoir*scher Motoren verbrauchte. (Zeitgenössischen Berichten zufolge erschien dies Experten so unglaubhaft, daß sie die Umgebung des Motors nach einer verborgenen Gasleitung absuchten.)

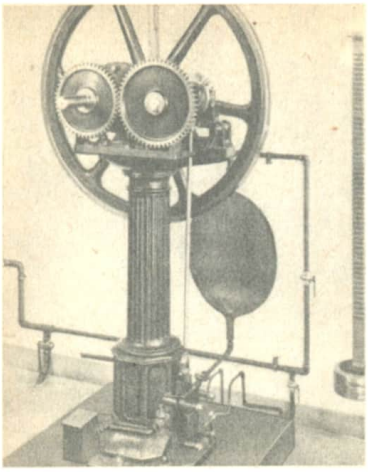
Nikolaus August Otto

Die vom Büro des „Vereins Deutscher Ingenieure" (VDI) während der Ausstellung herausgegebene Zeitung berichtete über den *Otto-Langen*-Motor u. a.: „Soviel steht fest, daß nach den sorgfältigen von der Jury angestellten Versuchen, diese Maschine für dieselbe Kraftleistung nur etwa ein Drittheil der Gasmenge verbraucht, welche die bisher in Anwendung gekommenen Gasmaschinen verbrauchen. Dadurch erhält die Gas-Maschine aber erst ihre praktische Bedeutung, ... welche für den kleinen Gewerbebetrieb von der weitgehendsten Bedeutung zu werden verspricht." [4; S. 155]

Langen und *Otto* erhielten für ihren Motor von der Jury der Weltausstellung eine Goldmedaille zugesprochen. Diesen Erfolg hatten sie sich hart erarbeiten müssen. Der geistige Urheber des Motors war *Nikolaus August Otto*, geboren am 10. Juni 1832. Seine Eltern betrieben eine Bauern- und Gastwirtschaft mit Posthalterei in Holzhausen an der Haide (Taunus); der Vater starb bald nach der Geburt des sechsten Kindes *Nikolaus August*.

Nach achtjährigem Besuch der Dorfschule als einer der besten Schüler entlassen, kam *N. A. Otto* 1846 an das Realgymnasium im nahe gelegenen Langenschwalbach (seit 1927 Bad Schwalbach), wo er — bei seinem Onkel wohnend — zunächst unbeschwerte Jahre verbrachte. Der fast 16jährige, dessen Interesse vorrangig der Technik zugewandt war, nahm offenbar den Ausbruch der bürgerlichen Revolution 1848 in Frankreich, Deutschland sowie weiteren europäischen Ländern kaum zur Kenntnis. Die Mutter *Ottos* sah sich aus materiellen Gründen im gleichen Jahr gezwungen, ihren Sohn vorzeitig von der Realschule zu nehmen. Kurz darauf ging er einen Lehrvertrag mit einem Weinhändler im benachbarten Nastätten ein. In seiner knappen Freizeit vervollkommnete *Otto* sein technisches und Allgemeinwissen.

Nach seiner Lehre wurde er Reisender für Lebensmittelgroßhandlungen. Auf seinen Touren lernte *Otto* das Rheingebiet zwischen Luxemburg, Wiesbaden und Dortmund kennen. Dabei hörte er 1860 auch von der Gasmaschine des französischen Technikers *Jean Joseph Etienne Lenoir* (1822 bis 1900), die vielerorts kleingewerblichen Betrieben als moderne Antriebskraft angeboten wurde. *Otto* nutzte



Atmosphärischer Gasmotor von Otto und Langen (1867)

fortan jede Gelegenheit, sich über den neuen Motor zu informieren und mit dessen Wirkungsweise gründlich vertraut zu machen. Anfangs vermochte er auch seinen Bruder *Wilhelm* dafür zu begeistern. Gemeinsam erkannten sie relativ schnell Vor- und Nachteile des Motors sowie Möglichkeiten zu seiner Verbesserung, wobei sie insbesondere der Gedanke faszinierte, den Motor vielleicht sogar als Antriebsmaschine für Fahrzeuge zu entwickeln. Da sich Gas als Kraftstoff für Fahrzeugmotoren wegen der zu aufwendigen Vorratshaltung nicht eignete, konstruierten die Brüder einen Verdampfer für Spiritus und reichten schon am 2. Januar 1861 eine Patentanmeldung dafür ein. Als besonderer Vorteil wurde angeführt, daß der flüssige Kraftstoff überall leicht zu beschaffen sei und der damit betriebene Motor nur wenig Raum beanspruche. Die Erteilung eines Patents wurde mit der Begründung abgelehnt, die Spiritus-Dampfmaschine stimme in ihrer wesentlichen Einrichtung und Wirkungsweise mit der bekannten *Lenoir*schen Gasmaschine überein und es sei dahingestellt, ob Spiritusdämpfe für das zu entzündende Gasgemenge geeigneter seien als Leuchtgas. Während der nun enttäuschte Kaufmann *Wilhelm Otto* das Vorhaben aufgab, ließ sich sein weitaus optimistischerer Bruder *Nikolaus August* nicht entmutigen. Er wollte durch eigene Versuche mit der neuen Kraftmaschine seine Erkenntnisse erweitern, um so der Lösung seines Problems näherzukommen.

Da die handelsüblichen Motoren für seine Zwecke viel zu groß waren, bestellte er eine kleine Nachbildung bei einem Kölner Mechaniker. Aus einem Brief vom 3. 3. 1861 an seine Braut *Anna Gossi* (1839 bis 1914) — eine Kaufmannstochter aus Köln — wissen wir von der Fertigstellung des *Lenoir*modells. Beim experimentellen Suchen nach dem günstigsten Zündzeitpunkt, den *Lenoir* unmittelbar nach der Saugphase in die Mitte des Hubes legte, fand *Otto* die verblüffende Wirkung der Zündung eines verdichteten Gemisches, ohne schon zu ahnen, daß dies der praktische Ausgangspunkt zum entwicklungsfähigen Verbrennungsmotor war. Allerdings wurde ihm bewußt, eine wichtige Entdeckung gemacht zu haben.

Bald darauf ließ *N. A. Otto* für weitere Versuche einen vierzylindrigen Motor in liegender Boxenanordnung bauen, wovon er sich einen gleichförmigeren Gang

versprach. Es gelang ihm aber nicht, die Zündstöße zu beherrschen, und so wurde das Triebwerk schnell zerstört. Daher gab er die Arbeit am „Viertakter" zunächst wieder auf, ohne den Patentschutz dafür zu beantragen. *Otto* wollte die zerstörende Wirkung der Gasexplosionen auf das Triebwerk vermeiden. Er ging dem Gedanken nach, durch Überexpansion und Abkühlung des Verbrennungsgases im Arbeitsraum einen sehr geringen Druck zu erzeugen, damit infolge des Überdruckes der Atmosphäre eine treibende Kraft den Kolben arbeitsverrichtend zurückbewegt. Durch stehende Anordnung des Motors sollte die Kraft durch das Eigengewicht des Kolbens (und der verzahnten Kolbenstange) überlagert werden. Schon im Frühjahr 1863 funktionierte die erste von seinem Kölner Mechaniker gebaute atmosphärische Gasmaschine, doch die getriebetechnische Lösung war noch unbefriedigend.

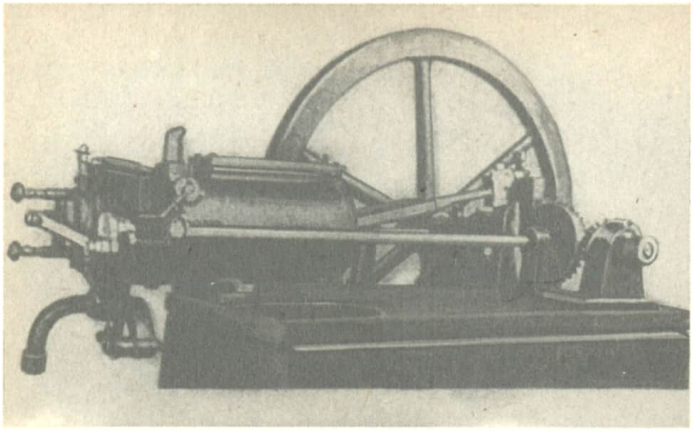
Mittlerweile geriet *Otto* in schwere finanzielle Bedrängnis, denn im Mai 1862 hatte er den Kaufmannsberuf aufgegeben und während der folgenden zwei Jahre die gesamten Ersparnisse in seine Versuche investiert. In dieser Zeit lernte er den Kölner Ingenieur *Eugen Langen* kennen, der technischen Neuerungen gegenüber sehr aufgeschlossen war und zudem über einiges Kapital verfügte. Gemeinsam gründeten sie 1864 die Kommanditgesellschaft N. A. Otto & Cie. Nach drei Jahren angestrengter Arbeit konnten beide 1867 mit ihrem eingangs erwähnten Motor, wofür sie bereits 1866 das Patent erhielten, an die Öffentlichkeit treten.

Der Absatz der Gasmotoren, die in der Firma „N. A. Otto & Cie." (ab 1872 „Gasmotorenfabrik Deutz AG") produziert wurden, ließ sich zunächst gut an; doch die Nutzleistung war für viele Zwecke zu gering, denn über 3 PS (2,2 kW) kam man kaum hinaus. Der Einsatz als Antriebsmaschine ermöglichte zwar die Mechanisierung kleiner Produktionsstätten, sah sich aber bald in zunehmendem Maße der Konkurrenz des Elektromotors ausgesetzt.

Otto entschloß sich deshalb, das Prinzip des atmosphärischen Motors aufzugeben. Er nahm Versuche wieder auf, den Druck der Verbrennungsgase unmittelbar zur Arbeitsleistung zu nutzen. Mit Unterstützung seiner Mitarbeiter — inzwischen waren *Gottlieb Daimler* (1834 bis 1900) und *Wilhelm Maybach* (1846 bis 1929) in die Firma eingetreten — entwickelte er im Laufe mehrerer Jahre einen völlig neuen Motor, der ihm 1876 patentiert wurde. *Otto* benutzte dafür das heute weit verbreitete Viertaktverfahren, dessen Wirkungsweise er ja bereits 1861 gefunden hatte.

Vornehmlich durch die enge Zusammenarbeit mit *Langen* wurde der Erfinder *Otto* zu neuen Denkimpulsen angeregt. Die zielgerichtete Beschäftigung mit der technischen Thermodynamik brachte ihm bald auch die theoretische Einsicht in die wärmewirtschaftlichen Vorteile bei Anwendung der Gemischverdichtung vor der Zündung. (Diese Vorteile sind in der atmosphärischen Gasmaschine nicht nutzbar.)

Große Aufmerksamkeit widmete *Otto* dem Verbrennungsvorgang und insbesondere dem Problem der stoßfreien Verbrennung. So war er bemüht, durch unterschiedliche Konzentration der Kraftstoffteilchen im Zylinder die Verbrennung bei Anwesenheit inaktiven Gases zu hemmen, um damit eine dämpfende Wirkung bei der Fortpflanzung der Druckwellen zu erzielen. Es gelang ihm, die gefürchteten Stöße durch Vermischung des Frischgases mit Verbrennungsgas von vorangegangenen Arbeitsspielen zu mindern. Zu diesem Zweck hatte er für seinen Motor einen großen Verdichtungsraum (Kleinstwert des Arbeitsraumes) vorgesehen, in dem nach Beendigung des Ausschubhubes Restgas verblieb. (Dagegen waren alle Erfinder bis



Viertakt-Otto-Versuchsmotor (1876)

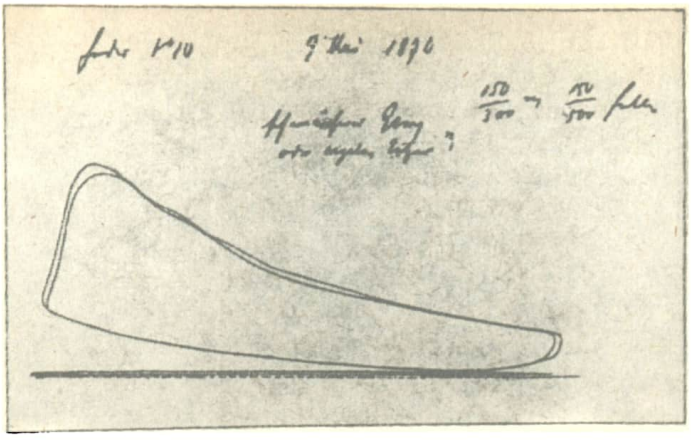
dahin bemüht, das Verbrennungsgas möglichst vollständig aus dem Zylinder zu entfernen.) In diesem Zusammenhang sprach *Otto* von „geschichteter Ladung". Damit prägte er einen Begriff, der ihm patentrechtlich noch manchen Ärger bereitete, weil er von vielen mißverstanden wurde.

Am 9. Mai 1876 nahm *Otto* ein Indikatordiagramm am Versuchsmotor auf, das in seinem Verlauf auch dem noch heutigen entspricht. Es stimmte weitgehend mit dem von Otto vorausberechneten Diagramm überein und kann als die Geburtsurkunde des Verbrennungsmotors bezeichnet werden.

Der Motor hatte einen effektiven Wirkungsgrad von 17 % und eine Nutzleistung von 3 PS bei 180 Umdrehungen pro Minute. Der Wirkungsgrad übertraf den aller anderen Motoren, und schon kurze Zeit danach konnte „*Ottos* Neuer Motor" — später schlicht „*Otto*-Motor" genannt — seinen Siegeszug in der Welt antreten. (Die Bezeichnung „*Otto*-Motor" wurde bald auf alle Verbrennungsmotoren mit Fremdzündung erweitert.) Dieser Viertaktmotor (Patent DRP 532) hatte vor allem deshalb einen so grandiosen Erfolg, weil er auch für größere Leistungen gebaut werden konnte. Es war also ein Verfahren erfunden, das prinzipiell für Hubkolben-Verbrennungsmotoren gültig blieb. Gerade darin gipfelte *Ottos* schöpferische Aktivität, wofür ihm u. a. mit der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Universität Würzburg (1883) hohe Wertschätzung zuteil wurde.

Für die Aktionäre der Deutzer Werke erwies sich *Ottos* Erfindung als höchst profitabel, denn allein 1882/83 wurde eine Dividende von nicht weniger als 96 % gezahlt. Bei anderen Unternehmern des Motorenbaus regte sich angesichts solcher Zahlen großer Neid. Sie suchten daher Möglichkeiten, die Patente *Ottos* anzufechten.

Der französische Ingenieur *Alphonse Beau de Rochas* (1815 bis 1893) hatte das Viertaktprinzip bereits 1862 offiziell angegeben, ohne den Versuch der praktischen Realisierung zu unternehmen. Für die Konkurrenten *Ottos* und der Firma war *Beau de Rochas'* Idee jedoch die gesuchte Handhabe, *Ottos* Viertakt-Patent anzufechten und auch löschen zu lassen. Zahlreiche Maschinenfabriken nahmen nunmehr die Produktion von Viertaktmotoren auf. Andere wurden eigens zu diesem Zweck gegründet.



Indikatordiagramm des ersten betriebsfähigen Viertakt-Motors (1876)

Den Deutzer Werken schadete der Patentverlust nicht allzusehr. *Nikolaus August Otto* hingegen mußte eine endlose Kette von Anfechtungsprozessen über sich ergehen lassen, worin seine persönlichen Leistungen als Erfinder bezweifelt wurden.

Es ist *Ottos* historisches Verdienst, als erster den Viertakt-Verbrennungsmotor gebaut und dessen Überlegenheit über alle Vorläufer praktisch demonstriert zu haben. Wenn auch *de Rochas* rein theoretisch das Viertakt-Verfahren gefunden und als erster veröffentlicht hat, waren dennoch die Leistungen des Franzosen für die weitere Entwicklung des Verbrennungsmotors im Grunde genommen unerheblich, der existierende und zuverlässig arbeitende Motor *Ottos* hingegen die grundlegende Voraussetzung. Alle Schmähungen konnten aber den ausgeprägten Forscherdrang des Erfinders *Otto* nicht untergraben. So schuf er noch einen Zweitaktmotor und einen magnetelektrischen Zündapparat. Der Schritt zum Fahrzeugmotor, von dem er so oft geträumt hatte, war ihm jedoch nicht mehr vergönnt; ihn vollzogen andere. *N. A. Otto* starb hochgeachtet am 26. Januar 1891 in Köln infolge Herzversagens.

Ottos geniale Erfindungen und Entwicklungsarbeiten zählen zu jenen großen Pionierleistungen in der Geschichte der Technik, die den Fortschritt der materiellen Produktivkräfte maßgeblich beeinflußt haben. Deshalb trägt sein Grabstein völlig zu Recht die ehrende Inschrift „Schöpfer des Verbrennungsmotors", während über einer Nachbildung des ersten Ottomotors eine Tafel ergänzend kündet: „Sein Motor mit verdichteter Ladung, erdacht 1861 und geschaffen 1876 in Köln-Deutz, beendet die Zeit der Vorläufer und begründet die Motorentechnik der Welt."

Lebensdaten zu Nikolaus August Otto

1832	Am 10. Juni in Holzhausen an der Haide (Taunus) geboren
1846 bis 1848	Besuch des Realgymnasiums in Langenschwalbach (jetzt Bad Schwalbach)
1848	Aufnahme der Kaufmannslehre bei einem Weinhändler

1852 bis 1862	Handlungsreisender im Dienste von Lebensmittelgroßhandlungen
1861	*N. A. Otto* und *Wilhelm Otto* beantragen ein Patent für ihren Apparat zur Verdampfung von Spiritus; Beginn der systematischen Experimente an einem Modell des *Lenoir*-Motors
1864	31. Mai Gründung der Kommanditgesellschaft „N. A. Otto & Cie." durch *Otto* und *Langen* in Köln
1866	Preußisches Patent für atmosphärische Gasmaschine an *Otto* und *Langen*
1867	Goldmedaille für atmosphärische Gasmaschine auf der Weltausstellung in Paris
1876	Am 9. Mai erstes Indikatordiagramm des *Otto*schen Viertaktmotors
1877	Patent DRP 532 für *Ottos* Viertaktmotor
1881 bis 1886	Aufreibende Patentprozesse
1884	*Otto* entwickelt einen magnetelektrischen Zündapparat
1891	*Nikolaus August Otto* stirbt am 26. Januar in Köln

Literaturverzeichnis zu Nikolaus August Otto

[1] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.

[2] *Goldbeck, G.:* Ein Dokument des Motorbaues. In: MTZ (Motortechnische Zeitschrift). Technisch-wissenschaftliche Zeitschrift für das Gesamtgebiet des Verbrennungsmotors und der Gasturbine, Stuttgart 17 (1956) 5, S. 153.

[3] *Goldbeck, G.:* Entwicklungsstufen des Verbrennungsmotors. In: MTZ, Stuttgart 23 (1962) 3, S. 76 bis 80.

[4] *Haßler, F.:* Zur Hundertjahrfeier des VDI. Die Anfänge der Motortechnik im Spiegel der VDI-Arbeit. In: MTZ, Stuttgart 17 (1956) 5, S. 154 bis 156.

[5] *Kirchberg, P.:* Nikolaus August Otto. In: Deutsche Forscher aus sechs Jahrhunderten. Leipzig 1966, S. 243—248.

[6] *Matschoß, C.:* Nikolaus August Otto und Eugen Langen. In: Große Ingenieure. München, Berlin 1937, S. 249—259.

[7] *Schnauffer, K.:* Nicolaus August Ottos Vierzylinder-Viertakt-Motor von 1861. Zum 100jährigen Jubiläum des Viertaktverfahrens. In: MTZ, Stuttgart 23 (1962) 1, S. 1—4.

[8] *Sittauer, H. L.:* Gebändigte Explosionen. Nicolaus August Otto und sein Motor. Berlin 1972.

[9] *Sittauer, H. L.:* Nicolaus August Otto und Rudolf Diesel. Leipzig 1978 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 32).

Johann Philipp Reis (1834 bis 1874)

Zweifellos gilt auch für den Fernsprecher, was man bei vielen anderen Erfindungen konstatieren kann: Eine ganze Reihe von Erfindern hat sich fast gleichzeitig mit dem Problem befaßt und ist unabhängig voneinander zu ähnlichen Lösungen gelangt. Dies ist Ausdruck sowohl für ein herangereiftes gesellschaftliches Bedürfnis, das sich nun im Denken verschiedener Wissenschaftler und Techniker manifestiert, als auch des Vorhandenseins eines ausreichenden wissenschaftlich-technischen Wissens, das die Lösung eines solchen Problems wahrscheinlich macht.

Johann Philipp Reis

Wird aus historischer Sicht die Frage nach der Priorität der Erfindung des Telefons gestellt, so ist heute festzustellen, daß sie ziemlich eindeutig dem Friedrichsdorfer Lehrer *Johann Philipp Reis* gebührt, der als erster eine praktikable Lösung vorstellte. Dem Amerikaner *Alexander Graham Bell* (1847 bis 1922) gebührt dagegen das Verdienst, ein produktionsreifes Gerät entwickelt und bei der breiten Einführung Pionierarbeit geleistet zu haben.

Johann Philipp Reis wurde am 7. Januar 1834 in Gelnhausen (Hessen) — dem Geburtsort auch des Verfassers des „Simplicissimus", *Johann Jakob Christoph von Grimmelshausen* (1621 bis 1676) — in der Familie eines Bäckermeisters geboren. Nachdem er bis 1845 die Bürgerschule seiner Heimatstadt besucht hatte, schickte der Vormund den frühverwaisten, begabten Jungen auf die damals angesehene *Garnier*sche Privatschule in Friedrichsdorf (Taunus). Seine vielseitige Begabung, besonders für Sprachen, veranlaßte den Schuldirektor, ihn 1848 zur weiteren Fortbildung an das *Hassel*sche Institut in Frankfurt (Main) zu vermitteln. Hier wurde sein Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften geweckt.

Auf Wunsch seines Vormundes trat *Reis* nach der Konfirmation jedoch am 1. 3. 1850 zunächst eine kaufmännische Lehre in einer Drogen- und Farbwarenhandlung in Frankfurt (Main) an. In der wenigen verbleibenden Freizeit besuchte er die Handelsschule. Hier wirkte als Chemie- und Physiklehrer Prof. *Rudolf Böttger* (1806 bis 1881), der zugleich Dozent im Physikalischen Verein zu Frankfurt (Main) war. 1851 wurde *Reis* ebenfalls Mitglied dieses Vereins. Wie in anderen Städten, so hatte auch hier der Physikalische Verein vor allem die Aufgabe, an Naturwissenschaften interessierte Bürger mit den neuesten Erkenntnissen vertraut zu machen. Anfang der 60er Jahre wirkten übrigens hier *Ernst Abbe* (1840 bis 1905) und danach *Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch* (1840 bis 1910) als Lehrer.

Um diese Zeit ist *Reis* nach seiner eigenen Aussage erstmals die Idee gekommen, „... die Tonsprache mittels Elektrizität in die Ferne mitzuteilen." [6; S. 54] Es ist möglich, aber relativ unwahrscheinlich, daß er von einem Artikel des französischen Telegrafeningenieurs *Charles Bourseul* (1829 bis 1912) aus dem Jahre 1854 angeregt wurde, den auch das Frankfurter Kulturblatt „Didaskalia" veröffentlichte.

Reis spricht
mit dem Fernsprecher
aus seinem Arbeitsraum
mit seiner Wohnung

Bourseul formulierte darin die vage Möglichkeit, die Sprache mit Hilfe des elektrischen Stromes zu übertragen, beschrieb wohl auch eine experimentelle Anordnung, führte sie aber nicht aus. (Bereits um 1810 hatte *Johann Wilhelm Ritter* (1776 bis 1810) von einer solchen Möglichkeit gesprochen. [8; S. 12])

Der Besuch der Vorträge im Physikalischen Verein weckte in *Reis* immer stärker den Wunsch, sich intensiver mit Naturwissenschaften zu befassen. So lehnte er das Angebot seines Lehrherrn ab, nach Beendigung der Lehre bei ihm zu arbeiten, sondern begann trotz seiner finanziell schlechten Situation ein Studium an der Polytechnischen Vorschule von Dr. *Adolph Poppe* (1814 bis 1894) in Frankfurt (Main), um Lehrer zu werden. 1855 leistete er als Einjährig-Freiwilliger seinen Militärdienst in Kassel. Danach wollte er in Heidelberg studieren. Sein früherer Lehrer *Garnier*, der seine Fähigkeiten schätzte, bot ihm jedoch sofort eine Stelle als Lehrer an seiner (Privat-)Schule an. Da *Reis* als Pädagoge nicht fertig ausgebildet war, gab es zunächst Schwierigkeiten mit der Schulbehörde, aber 1858 konnte *Reis* seine Stelle antreten, die er bis zu seinem frühen Lebensende beibehalten sollte. Bei den Schülern war er trotz seiner Strenge beliebt, da er stets gerecht und verständnisvoll war und es verstand, sie mit interessanten Experimenten zu fesseln.

Im Jahre 1859 heiratete *Reis* die Tochter seines Vormundes, mit der er zwei Kinder hatte. In einer zu seinem Haus gehörenden Scheune führte *Reis* seine Experimente durch. Hier entwickelte und baute er Meßgeräte für die Friedrichsdorfer Wasserleitung, konstruierte einen automatischen Wetterregistrierapparat, bastelte eine Dampfmaschine und vieles andere mehr. Hauptziel blieb aber die Verwirklichung seiner Idee, die Sprache elektrisch zu übertragen.

Das Problem war vor allem der „Geber", das Mikrofon, wie wir es heute nennen. Für den Empfänger nutzte *Reis* eine Erfindung des Amerikaners *Charles Page* (1812 bis 1868). *Page* hatte 1837 Töne „elektrisch erzeugt", indem er zwischen den Schenkeln eines Hufeisenmagneten eine Kupferdrahtspirale und durch Öffnen und Schließen des durch die Spule fließenden galvanischen Stromes den Magneten zum Tönen gebracht hatte (elektromagnetischer bzw. magnetostriktiver Wandler), so eine „galvanische Musik" erzeugend.

Reis studierte sehr gründlich den Aufbau des menschlichen Ohres, um seinen Geber in Analogie dazu zu entwickeln. Er baute die „Mechanik" des Ohres nach. Zuerst überspannte er den Spund eines Bierfasses mit einer Wursthaut. Später nutzte er ein aus Eichenholz geschnitztes Modell einer Ohrmuschel mit einer Schweinsblase als Trommelfell: Der auf einer Achse gelagerte „Hammer" ist über dem „Amboß" durch eine Bandfeder („Steigbügel") gegen Erschütterung gesichert. An der Kontaktstelle wurde eine stromleitende Verbindung hergestellt, die durch die Membranschwingungen unterbrochen wurde (Relaisprinzip). *Reis* erkannte bald, daß dieses Prinzip nicht nur für die Übertragung einzelner Töne, sondern auch der Sprache dienen konnte (gegenüber anderslautenden Behauptungen kann es als erwiesen gelten, daß es stets das Ziel von *J. P. Reis* war, Sprache zu übertragen).

Im Jahre 1860 waren seine Versuche von Erfolg gekrönt. Berühmt ist der angeblich erste Satz, der durch das *Reis*sche Telefon übermittelt wurde: „Das Pferd frißt keinen Gurkensalat." *Reis* hatte den Sprecher gebeten, solche sinnlosen Sätze zu reden, damit man das Gehörte nicht einfach erraten konnte.

Am Samstag, dem 26. Oktober 1861, stellte *J. P. Reis* in einem Vortrag vor dem Frankfurter Physikalischen Verein unter dem Thema „Über Fortpflanzung musikalischer Töne auf beliebige Entfernungen durch Vermittlung des galvanischen Stromes" seine Erfindung erfolgreich vor. Im 100 m entfernten Bürgerhospital spielte der Friedrichsdorfer Musiklehrer *Heinrich Friedrich Peter* das Englischhorn und *Reis'* Schwager *Philipp Schmidt* sang Volkslieder; im Vortragssaal des Physikalischen Vereins war der Empfang gut wahrnehmbar. Drei Tage später berichtete die „Didaskalia": „Sollte durch weitere Vervollkommnung es Herrn Reis gelingen, das gesprochene Wort sicher und präzis in den elektrischen Strom einzuführen und so den jetzigen Telegrafendraht zu einem Sprechorgan zu gestalten, so würde diese Erfindung doch wohl den Gipfel aller Erfindungen unseres erfindungsreichen Jahrhunderts bilden." [1; S. 746]

Solche Anerkennung gab Auftrieb. *Reis* entwickelte sein „Telefon" weiter (zwar hat er diesen Begriff nicht als erster geprägt, wie er meinte, aber er verwendete ihn zuerst für das ganze Übertragungssystem). Im Laufe der Jahre entstanden zehn verschiedene Formen des Gebers und vier des Empfängers, die alle nach dem gleichen Grundprinzip arbeiteten (Sendeseite: durch Membran gesteuerter metallischer Kontakt, Empfängerseite: elektromagnetischer oder magnetostriktiver Wandler). 1863 demonstrierte *Reis* vor dem Physikalischen Verein ein verbessertes Modell.

Reis ließ seine weiteren Apparate von dem Mechaniker *Johann Wilhelm Albert*, dem Sohn des Gründers des Physikalischen Vereins, in Frankfurt bauen. Im Juli 1863 sandte *Reis* eine Handskizze an den Mechaniker *Ladd* in London. *Albert* verfertigte Telefone für 8 bis 12 Taler und verkaufte einzelne Exemplare sogar ins Ausland.

Auf der deutschen Naturforscherversammlung 1864 in Gießen konnte *Reis* auch die skeptischen Wissenschaftler überzeugen. *Johann Christian Poggendorff* (1796 bis 1877), der eine Veröffentlichung in seinen „Annalen" vorher mit der Bemerkung abgelehnt hatte, eine solche Form der Sprachübertragung sei eine „Mythe", gratulierte *Reis* nach der erfolgreichen Vorführung. Leider lehnte nun der Erfinder seinerseits eine Veröffentlichung ab; sein Apparat werde „... auch ohne eine Beschreibung in den Annalen bekannt werden". [8; S. 9]

Mit dieser Meinung hatte sich *Reis* jedoch getäuscht. Offensichtlich war die Zeit

Reis versucht,
mit Hilfe des Fernsprechers
Musik zu übertragen

für seine Erfindung noch nicht ganz reif. Man sah darin nur mehr eine technische Spielerei. Das hing sicher auch damit zusammen, daß sich seit Mitte der 50er Jahre die Telegrafie recht erfolgreich verbreitete und das Bedürfnis nach einer noch schnelleren, direkt gesprochenen Nachrichtenverbindung noch nicht bestand. So fand *Reis* keine finanzielle Unterstützung zur weiteren Entwicklung und Anwendung seiner Erfindung.

Bald ließ seine Schaffenskraft nach; er litt an Lungenschwindsucht. Der Mann, dessen Traum es war, die menschliche Sprache zu übertragen, konnte seit 1872 kaum selbst mehr sprechen. Seinen Lehrerberuf mußte er deshalb aufgeben. Am 14. Januar 1874 verstarb er in Friedrichsdorf.

Seit der Naturforscherversammlung in Gießen war der *Reis*sche Apparat zwar in Wissenschaftlerkreisen bekannt und wurde auch hier und da als physikalische Spielerei vorgeführt, eine unmittelbare Weiterentwicklung gab es jedoch nicht. Offenbar hat aber auch *Reis* nicht direkt eine Möglichkeit der kommerziellen Nutzung gesucht. (Ein Patent hatte er ebenfalls nicht angemeldet.) Den Glauben an seine Erfindung hatte er jedoch nicht verloren. Noch kurz vor seinem Tode sagte er zu seinem alten Lehrer *Garnier*: „Ich habe der Welt eine große Erfindung geschenkt, anderen muß ich es überlassen, sie weiterzuführen." [4; S. 334]

Mit einem der von *Albert* gefertigten Apparate war auch *Alexander Graham Bell* bekannt geworden, der ab 1873 als Professor für Stimmphysiologie an der Universität Boston wirkte. Im Februar 1876 meldete *Bell* ein Patent für ein Telefon auf der Grundlage der elektromagnetischen Induktion für Sende- und Empfangsseite an. Fast gleichzeitig meldet der Amerikaner *Elisha Gray* (1835 bis 1901) ein Patent an, in dem das Mikrofon mit einem durch die Schallmembran gesteuerten elektrolytischen Widerstand ausgerüstet war.

Auch die Erfindungen von *Bell* und *Gray* (zwischen beiden gab es noch eine Reihe Patentstreitigkeiten) wurden anfangs als Spielerei angesehen. Durch finanzkräftige Geschäftsleute gestärkt, konnten sie ihre Erfindungen jedoch schnell anwendungsreif ausbauen, und im Januar 1878 wurde in New Haven/Conn. (USA) das erste öffentliche Fernsprechamt eröffnet.

Über diesen „Umweg" kam die Erfindung wieder nach Deutschland. *Emil Rathenau* (1838 bis 1915) hatte sie auf der Weltausstellung 1876 in Philadelphia gesehen, konnte jedoch Deutschlands Generalpostmeister *Heinrich von Stephan* (1831 bis 1897) noch nicht von ihrer praktischen Bedeutung überzeugen. Ein Jahr später allerdings gehört dieser mit zu jenen, die die Bedeutung des „Fernsprechers" (diese Bezeichnung stammt von *Stephan*) erkannten. Bereits Ende 1877 wurde er in Berlin eingeführt; 1881 wurde das erste handvermittelte Fernsprechamt in Berlin eröffnet. *Werner von Siemens* (1816 bis 1892), der nun ebenfalls ins Telefongeschäft „einstieg" und selbst wesentliche Verbesserungen beisteuerte, schrieb 1877 an seinen Bruder: „Wir Esel haben zwar das Wunder des deutlichen Verstehens auf 60 Fuß (beim schon länger bekannten und auf Weihnachtsmärkten vorgeführten Bindfadentelefon — d. Verf.) und mehr Entfernung angestaunt, aber die Sache nicht verfolgt, auch dann nicht, als es Reis elektrisch zu machen versuchte." [2; S. 738]

Lebensdaten zu Johann Philipp Reis

1834	Am 7. Januar in Gelnhausen geboren
1845	Besuch der Garnierschen Privatschule
1850	Lehre in einer Frankfurter Drogen- und Farbwarenhandlung
1851	Mitglied des Physikalischen Vereins zu Frankfurt (M.)
1858	Lehrer an der Garnierschen Schule in Friedrichsdorf
1860	Erfindung des Telefons
1861 und 1863	Vorträge vor dem Physikalischen Verein
1864	Vortrag auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Gießen
1874	Am 14. Januar in Friedrichsdorf gestorben
1876	Patentanmeldungen von *A. G. Bell* und *E. Gray*

Literaturverzeichnis zu Johann Philipp Reis

[1] *Altmansperger, H. J.:* Philipp Reis, ein Friedrichsdorfer Lehrer, der Erfinder des Telefons. In: Zeitschrift für Post- und Fernmeldewesen, Düsseldorf/Frankfurt (M.) (1961) 19, S. 745—748.

[2] *Brill, W.:* Werner Siemens und das Telefon. In: Siemens-Zeitschrift, Berlin (West) — München — Erlangen 35 (1961) 10, S. 738—740.

[3] *Hartmann, E.:* Philipp Reis (Illustrierte Helden-Bibliothek Heft 11). Neurode i. Schl., Berlin 1913.

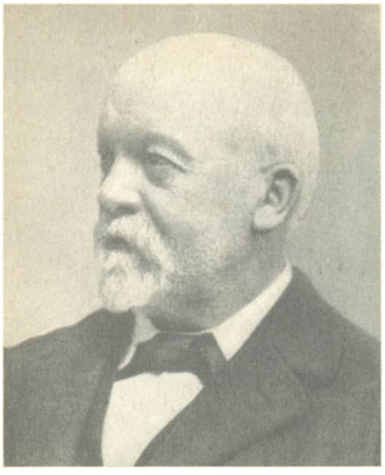
[4] *Kirchvogel, P. A.:* Philipp Reis / Pionier des Fernsprechwesens. In: Lebensbilder aus Kurhessen und Waldeck. Bd. 2, hrsg. v. I. Schnack, Marburg a. L. 1940, S. 329—334.

[5] *Sattelberg, K.:* Vom Elektron zur Elektronik – Eine Geschichte der Elektrizität. Berlin (West) 1971.

[6] *Schreier, W. u. H. Schreier:* Erfinder ohne Erfolg. Zum 100. Todestag von Philipp Reis am 14. Januar 1974. In: Physik in der Schule, Berlin 12 (1974) 2, S. 53—58.

[7] *Thompson, S. P.:* Philipp Reis — Inventor of the Telephone; London 1883. (Deutsche Übersetzung. In: Archiv für deutsche Postgeschichte, Frankfurt (M.) (1963) 1, S. 3—67).

[8] Die Gedenkfeier für Philipp Reis, den Erfinder des Telefons am 26. Oktober 1961. Hrsg. vom Physikalischen Verein zu Frankfurt (M.), Frankfurt (Main) 1962.



Gottlieb Daimler

Gottlieb Daimler (1834 bis 1900) und Carl Friedrich Benz (1844 bis 1929)

Wie bei der Dampfmaschine wurde auch die Entwicklung des Verbrennungsmotors wesentlich von der Entwicklung der industriellen Produktion und damit der Notwendigkeit der Schaffung universeller Kraftmaschinen bestimmt. Hinzu kamen in der Folge Erfordernisse des Handels und der Personenbeförderung. Trotz der schnellen Entwicklung des Schienenverkehrs — nach dem Bau der ersten Dampflokomotive 1813 durch den Engländer *George Stephenson* (1781 bis 1848) — und des Dampfschiffverkehrs fuhren auf den Straßen nach wie vor Pferdewagen. Auch der von dem Franzosen *Jean Joseph Etienne Lenoir* (1822 bis 1900) im Jahre 1860 gebaute Gasmotor erwies sich wegen seiner Masse, seiner Ausmaße und seiner technischen Unzulänglichkeiten für den Einsatz in Straßenfahrzeugen als ungeeignet.

Es gehört zu den Verdiensten von *Gottlieb Daimler*, *Wilhelm Maybach* (1846 bis 1929) und *Carl Benz*, brauchbare Motoren für Straßenfahrzeuge entwickelt und damit den Siegeszug des Automobils begründet zu haben. *Daimler* und *Benz* haben unabhängig voneinander und fast gleichzeitig die wesentlichen technischen Grundlagen für die Konstruktion und den Bau des Autos geschaffen. Während *Daimler* mit seinem ersten schnellaufenden und leichten Motor die Voraussetzung zur schienenlosen Fortbewegung von Verkehrsmitteln aller Art schuf, gehört es zu den bleibenden Leistungen von *Carl Benz*, Straßenfahrzeuge entwickelt und verkauft und mit einer Vielzahl konstruktiver Details zur technischen Entwicklung und Vervollkommnung der Autos beigetragen zu haben.

Gottlieb Daimler wurde am 17. März 1834 in Schondorf bei Stuttgart geboren. Sein Vater war Inhaber einer Back- und Weinstube. *Daimler* erlernte den Beruf eines Büchsenmachers. 1852 schloß er die Lehre ab. Die Zeit, reich an Fortschritten auf mechanisch-technischem Gebiet, gekennzeichnet besonders durch die Entwicklung von Dampfmaschinen und Eisenbahnen, ließ *Daimler* mehr zum technischen Gestalten, denn nach handwerklicher Meisterschaft streben. Er besuchte zunächst die

Wilhelm Maybach

gewerbliche Fortbildungsschule in Stuttgart, um schließlich im Rahmen der staatlichen Gewerbeförderung 1853 in der Nähe von Strasbourg in einer französischen Werkstatt neben dem Bau von Eisenbahnwagen Brückenbau und allgemeinen Maschinenbau kennenzulernen.

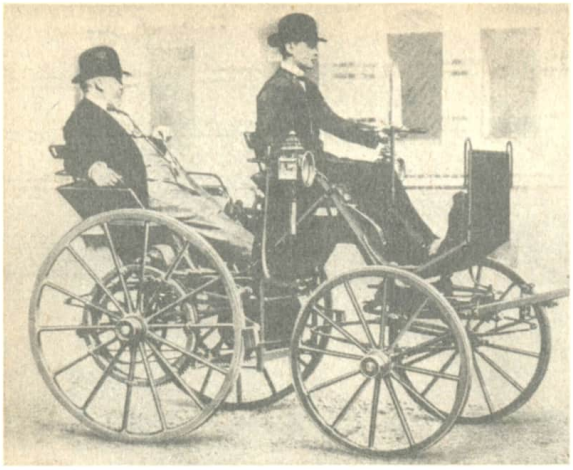
1857 vervollkommnete *Daimler* am Polytechnikum Stuttgart als „außerordentlicher Schüler", also ohne Entrichtung von Unterrichtsgebühren, die wissenschaftlichen Grundlagen für sein technisches Schaffen. Hier lernte er den bekannten Ingenieur und „Technikphilosophen" *Max Eyth* (1836 bis 1906) kennen.

Nach Abschluß des Polytechnikums begann *Daimler* 1858 in einer Lokomotivenbaufabrik zu arbeiten. Aber seine Haltung zur Dampfmaschinentechnik war ebenso reserviert wie später zur Elektrotechnik. Er folgte eher den Gedanken vieler Mechaniker, die das Erfordernis einer Kraftmaschine, die immer arbeitsfähig sowie ohne große Vorbereitungszeit und Kosten betriebsfähig ist, betonten. Einem kurzen Aufenthalt in Paris folgte 1861 ein Aufenthalt in England. In Leeds, Manchester und Coventry studierte *Daimler* moderne Produktionsprogramme und lernte den Werkzeugmaschinenbau als Facharbeiter, Vorarbeiter und auch als Meister kennen. Der Aufenthalt in England, den er 1862 mit dem Besuch der Londoner Weltausstellung abschloß, hatte *Daimler* mit Ergebnissen und Erfordernissen moderner industrieller Arbeit vertraut gemacht.

1863 beginnt *Daimler* in der Maschinenfabrik Reutlingen zu arbeiten. Hier lernte er *Wilhelm Maybach* kennen, der in der gleichen Fabrik als Konstrukteur tätig war. Als 1869 *Daimler* die Leitung der Maschinenbaugesellschaft in Karlsruhe übernahm, folgte ihm *Maybach* bald nach.

Daimler strebte danach, „jedem schaffenden Menschen zumindest eine Pferdekraft zur Verfügung zu stellen, damit die wertvolle Kraft menschlicher Hände für andere Aufgaben frei werde". [1; S. 46] Dem Angebot von *Nikolaus August Otto* (1832 bis 1891) und *Eugen Langen* (1833 bis 1895), in die „Gas-Motoren-Fabrik-Deutz-Aktiengesellschaft" als Produktionsleiter einzutreten, folgte *Daimler* im Jahre 1872. *Maybach* wurde hier auf *Daimlers* Empfehlung Leiter des Konstruktionsbüros.

Daimler wandelte die handwerkliche Produktion in der Deutzer Fabrik mit der



Daimlers Motorkutsche (1886), auf dem Rücksitz G. Daimler

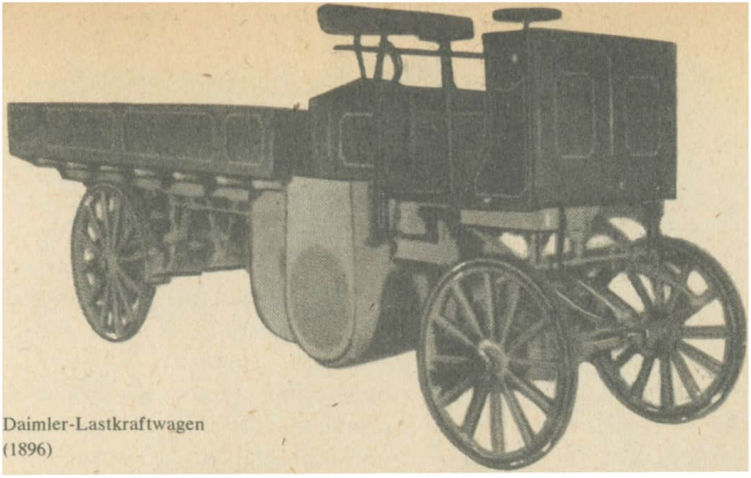
Einführung organisierter Fabrikarbeit entscheidend. Der atmosphärische Motor von *Otto* wurde in ständig wachsender Stückzahl produziert. 1875 waren es bereits 634 Motoren, die von 230 Arbeitern gefertigt wurden. *Ottos* atmosphärischer Motor erwies sich aber als nicht entwicklungsfähig. Die Leistung konnte kaum über 3 PS (1 PS = 0,7355 kW) gesteigert werden, der rauhe Gang, der Raumbedarf und das Gewicht ließen seinen Einsatz weder in Fahrzeugen noch in Werkstätten zu.

Daimler arbeitete bis 1882 in Deutz. Sein Verhältnis zu *Otto* und *Langen* litt zunehmend unter starken persönlichen Spannungen, die keine Zusammenarbeit mehr möglich machten. Er verließ Deutz als vermögender Mann und gründete in Cannstatt eine eigene Werkstatt. *Maybach* folgte ihm wiederum und wurde *Daimlers* Teilhaber.

Im Gegensatz zu *Ottos* stationärem Viertaktmotor ging *Daimler* an den Bau eines schnellaufenden Motors. Bereits 1883 beantragte er die Schutzrechte für einen Motor mit liegendem Zylinder, der mit einem massigen Schwungrad ausgestattet 900 Umdrehungen erreichte. Die unzulängliche Selbstentzündung wurde durch eine Glührohrzündung ersetzt. Schließlich folgte eine Ventilsteuerung und der Übergang von der Luft- zur Wasserkühlung. Mit einem öl- und staubdichten Gehäuse und innenliegendem Schwungrad ausgestattet, war schließlich 1885 *Daimlers* Grundkonzept eines Motors mit zweckmäßiger Konstruktion von *Maybach* verwirklicht. Im Herbst 1885 wurde der Motor in ein hölzernes Fahrrad eingebaut. Der Weg zum Motorrad dauerte noch zehn Jahre. Dafür war erst der Umweg über die Entwicklung des Kraftwagens nötig.

1886 erreichte der erste motorgetriebene vierrädrige *Daimlersche* Kutschwagen mit einem 1,1 PS-Motor eine Geschwindigkeit von 18 km/h. Im gleichen Jahr unternahm *Daimler* Versuche mit einem Motorboot auf dem Neckar. Es folgten Versuche mit einer motorisierten Straßenbahn und mit einem motorgetriebenen Ballon im Jahre 1888.

Daimlers Angebot an den preußischen Generalstab, Motorschlepper zum Transport von Geschützen und motorisierte Lastwagen zur Beförderung von Munition und Soldaten zu verwenden, wurde noch abschlägig beantwortet.



Daimler-Lastkraftwagen
(1896)

Im Jahre 1889 waren die Arbeiten zur Entwicklung eines Zweizylindermotors mit V-förmiger Anordnung der Zylinder abgeschlossen. Damit gelang es, bei gleichem Motorgewicht die doppelte Leistung — also Bedingungen für einen weiteren raum- und gewichtsparenden Bau — zu erreichen.

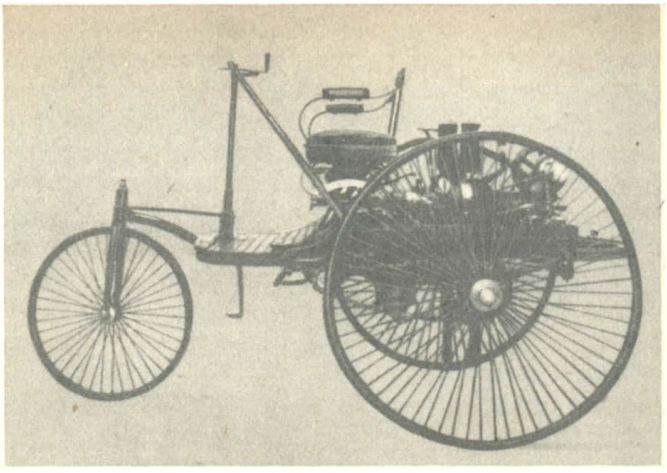
Die Fahrzeug- und Motorleistungen wurden ständig weiter erhöht, 6 PS im Jahre 1897 folgten 8—10 PS im Jahre 1898 und 10, 12 bzw. 23 PS im Jahre 1899. Diese Entwicklung führte zur Entwicklung von Lastkraftwagen. 1896 wurde mit einem Zweizylinder-Viertaktmotor der erste brauchbare Lastkraftwagen von 5,4 PS betrieben. Bei einer Tragfähigkeit von 1000 kg wurde eine Geschwindigkeit von 10 km/h erreicht.

Wesentliche Bedeutung für die stürmische Entwicklung des Autos hatten Automobilrennen. Das erste internationale Automobilrennen fand am 22. Juli 1894 zwischen Paris und Rouen statt. Von 102 gestarteten Fahrzeugen erreichten lediglich 15 das Ziel, darunter als Sieger drei französische Wagen mit *Daimler*-Motoren. Die Geschwindigkeit betrug bereits 20,47 km/h. Die Entwicklung des Autos stand aber auch im Zeichen verschärfter Konkurrenz zwischen den einzelnen aufstrebenden Firmen, die zu einer Vielzahl von Prozessen führten.

Daimler war seit 1883 der festen Überzeugung, daß Benzin für den automobilen Personenwagen der geeignete Treibstoff ist. Die stürmische Entwicklung und Einführung von *Daimler*-Motoren führte zu einer Erweiterung des Handels mit Benzin und Petroleum, der mit einer starken Preisentwicklung einherging. Von 1898 zu 1899 stieg der Preis von Roh-Petroleum aus amerikanischen Verschiffungs-Häfen von 65 auf 150 Cents. Um diese Preisentwicklung — vorangetrieben durch die Petroleum-Trusts — zu umgehen, wurden Versuche mit Gazine-Teerbenzin aus Kohle als Treibstoff durchgeführt, die jedoch fehlschlugen.

Die sich ergebenden Absatzmöglichkeiten und Gewinne machten eine Vergrößerung der Fabrikanlagen unausbleiblich. *Daimler* strebte eine Vergrößerung um so mehr an, als die bisherige Produktion von Zulieferungen aus Kleinbetrieben abhängig war. Aber mit der Konzentration von Arbeitern — von 1898 zu 1899 erhöhte sich ihre Zahl im Cannstatter Unternehmen von 191 auf 333 — ergaben sich auch erste soziale

Auseinandersetzungen. So scheiterte die Einführung der Nachtarbeit zur Erhöhung der Produktion am Widerstand der Arbeiter.
1897 wurde mit einem fünf Personen Platz bietenden „Viktoria-Wagen" zwischen Künzelsau und Mergentheim (Württemberg) die erste Omnibus-Linie über 30 km in Betrieb genommen. 1898 wurde ein Motorwagenbetrieb gegründet, der zwischen den beiden Orten mit einem Wagen für 10 Personen den Personen- und Postverkehr übernahm. Technische Schwierigkeiten führten 1899 zur Einstellung des Betriebes.
Nachdem im Jahre 1899 der deutsche Kaiser *Wilhelm II.* (1859 bis 1941) selbst einen *Daimler*-Wagen genutzt hatte, entschloß sich der preußische Generalstab für die Einführung des *Daimler*-Wagens in der Armee. *Daimler*-Motoren unterstützten zudem die Wirtschaftlichkeit des Elektroantriebs. 1897 gründeten zwei Gesellschafter *Daimlers* in Berlin eine Aktiengesellschaft, die „Motor-Fahrzeug- und Motoren-Fabrik Berlin-Marienfelde". *Daimlers* und *Maybachs* Einspruch gegen die Nutzung neuester *Daimler*-Patente blieben erfolglos. „*Daimler*-Wagen" aus Berliner Produktion wurden im Ausland verkauft. Die AEG (Allgemeine Deutsche Elektrizitäts-Gesellschaft) und namentlich ihr Vorstandsvorsitzender *Emil Rathenau* (1838 bis 1915) waren daran maßgeblich beteiligt.
Am 6. März 1900 starb *Gottlieb Daimler* in Cannstatt. Nach *Daimlers* Tod, im Juli 1900, unternahm *Ferdinand Graf Zeppelin* (1838 bis 1917) einen erfolgreichen Luftschiffstart. Das Luftschiff war mit zwei *Daimler*-Motoren ausgerüstet. Im gleichen Jahr wurde in Cannstatt ein neuer Wagen gebaut, der 1902 mit der Bezeichnung „Mercedes" die Ära des modernen Autobaus einleitete.
Maybach trennte sich 1907 von der Daimler-Motoren-Gesellschaft.
Daimlers und *Maybachs* Verdienst besteht in der Entwicklung eines schnellaufenden leichten Verbrennungsmotors, der sich als Kraftmaschine universell bewährte.
Carl Friedrich Benz wurde am 26. November 1844 in Karlsruhe geboren. Sein Vater war Lokomotivführer bei der 1843 in Betrieb genommenen ersten badischen Eisenbahn von Karlsruhe nach Heidelberg. *Benz* konnte das Karlsruher Gymnasium wie die Polytechnische Schule in Karlsruhe besuchen, obgleich sein Vater bereits 1846 verstorben war. Am Polytechnikum waren u. a. *Ferdinand Redtenbacher* (1809 bis 1863) und *Franz Grashof* (1826 bis 1893) — Nachfolger *Redtenbachers* — seine Lehrer.
Nach Abschluß des Polytechnikums begann *Benz* 1864 in der Karlsruher Maschinenfabrik zu arbeiten. Unter schweren Arbeitsbedingungen lernte er bei zwölfstündiger Arbeitszeit den praktischen Maschinenbau, vor allem den Lokomotivbau kennen. 1866 ging *Benz* nach Mannheim und 1868 nach Pforzheim, um als Zeichner und Konstrukteur in anderen Maschinenfabriken zu arbeiten. Mit solchen praktischen Erfahrungen und theoretischen Kenntnissen ausgerüstet, gründete *Carl Benz* 1871 in Mannheim eine mechanische Werkstatt.
Nach dem Friedensschluß zwischen Deutschland und Frankreich 1871 entwickelte sich Mannheim zu einem wirtschaftlichen Zentrum in Südwestdeutschland. *Benz* hoffte, mit Blechwaren für den Baubedarf eine Produktionsgrundlage für seine Werkstatt zu finden. Auch er partizipierte an den „Gründerjahren" (1871 bis 1873), in denen sich der Kapitalismus in Deutschland stürmisch entwickelte. Doch das jähe



Benz-Dreirad
(1886)

Ende der „Gründerjahre" im Ergebnis des Wiener Börsenkrachs von 1873 traf besonders die kleinen Betriebe und brachte auch *Benz*' Unternehmen an den Rand des Ruins.

Er versuchte, seine Werkstatt durch die Produktion von Motoren zu retten, deren industrielle Entwicklung durch Erfindungen von *Jean Joseph Etienne Lenoir* und *Nikolaus August Otto* bereits erschlossen war. Patente schützten den 1877 von *Otto* entwickelten Viertaktmotor. *Benz* wählte daher als Konstruktionsverfahren das Zweitaktverfahren. 1879 lief der erste Versuchsmotor erfolgreich. Um das Geld für eine Produktion aufzubringen, suchte *Benz* Gläubiger und willigte 1882 in die Bildung einer Aktiengesellschaft ein. Enttäuscht von der Bevormundung des Aufsichtsrates trat *Benz* bereits 1883 aus der Aktiengesellschaft aus, um im gleichen Jahr mit anderen Partnern die Handelsgesellschaft „Benz & Cie., Rheinische Gasmotorenfabrik" in Mannheim zu gründen. *Benz* wollte nicht nur Motoren, sondern Motorfahrzeuge bauen. Seine Geschäftsteilhaber hatten aber daran kein Interesse. Ihnen ging es allein um die Mehrung des Kapitals. Im Frühjahr 1885 war der erste Benzwagen gebaut. Zahlreiche Verbesserungen folgten. Im Januar 1886 erhielt *Benz* ein Patent für die neue Arbeitsweise eines Gaserzeugers und die Verbesserung der Bremsvorrichtung. Seinem Antrag auf Patentschutz „für ein durch Gasmaschine betriebenes Fahrzeug", das für den Betrieb hauptsächlich leichter Fuhrwerke und kleiner Schiffe, „wie solche zur Beförderung von ein bis vier Personen" verwendet werden, konnte nicht entsprochen werden, da *G. Daimler* ein entsprechendes Reichspatent fünf Monate früher erhalten hatte. Im Gegensatz zu *Daimler* war der *Benz*sche Motorwagen ein Dreirad, das konstruktive Elemente aus dem Fahrradbau hatte, so den Rohrrahmen, Drahtspeichenräder und Führung des Vorderrades in der Gabel. Der Einzylinder-Viertaktmotor mit offenem Kurbelgehäuse und liegendem Zylinder war im Wagenheck untergebracht und hatte einen Hubraum von 985 cm^3. Am 3. Juli 1886 erfolgte die erste öffentliche Fahrt in Mannheim.

Schon auf einer Ausstellung in Paris stellte *Benz* 1887 sein Auto aus, doch unter den ebenfalls ausgestellten Pferdedroschken fiel es kaum auf. Mit einer „heim-

lichen" Fernfahrt von Mannheim nach Pforzheim im Jahre 1888, durchgeführt von seiner Frau und seinen Söhnen, bestand das *Benz*-Fahrzeug seine praktische Erprobung. *Benz* nahm daran weitere Konstruktionsverbesserungen vor: so die Anwendung des Differentials in Fahrzeugen und die Einführung der Achsschenkellenkung (1891/92).

Auf der Pariser Weltausstellung von 1889 stellten *Daimler* und *Benz* ihre Wagen aus. Doch das große Geschäft blieb aus, zumindest in Deutschland. In Frankreich übernahm eine Interessenvertretung den Vertrieb von *Benz*-Motorwagen.

Im November 1895 fand in den USA zwischen Milwaukee und Chicago ein Rennen für pferdelose Wagen und Motorfahrzeuge statt. Das war nach den Rennen von Paris nach Rouen und zurück (126 km) im Jahre 1894 und von Paris nach Bourdeaux und zurück (1 192 km) im Jahre 1895 das dritte große Rennen dieser Art der damaligen Zeit. Am Ende der 92 Meilen langen Strecke erreichte ein Vis-à-Vis als erster das Ziel. Der *Benz*-Automobilbau begann sich zu entwickeln. Waren es 1894 67 Wagen, so stieg die Auslieferung 1895 bereits auf 135, 1897 auf 256 und 1898 auf 434 Wagen. Im Gegensatz zu *Daimler*, der dem Autorennsport große Bedeutung schenkte, zeigte *Benz* in dieser Hinsicht große Reserviertheit. Er widmete den Fernfahrten als Prüfung für Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit größere Beachtung.

Daimlers Erfahrungen im Autorennsport und vor allem die daraus resultierende Beeinflussung des öffentlichen Interesses, blieben auf den Absatz von *Benz*-Wagen nicht ohne Auswirkungen. Er sank von 1900 bis 1901 von 603 auf 385 Wagen. Die geschäftliche Krise war unausbleiblich. *Benz*, der die Praktiken seiner Geschäftspartner zur Erhaltung des Absatzes mit Verbitterung registrierte, schied 1903 aus dem Vorstand der Aktiengesellschaft aus, arbeitete aber ab 1904 dann im Aufsichtsrat der Firma weiter. Das Produktionsprogramm wurde mit dem Bau von Lastkraftwagen, Omnibussen und Flugmotoren wesentlich erweitert. Für den Grand Prix von Frankreich wurde 1908 ein 150-PS-Wagen konstruiert, der dem Mercedes-Sieger unterlag, aber der später gebaute 200 PS-„Blitzen-Benz" erreichte 1909 mit 205 km/h einen Weltrekord, der bis 1911 auf 228 km/h verbessert werden konnte. Mit einem Vierzylinder-Benzmotor fand 1913 ein Langstreckenflug von Berlin nach Mannheim statt. Im ersten Weltkrieg 1914 bis 1918 wurden Kraftfahrzeuge zu einem wichtigen Mittel der Kriegführung. Der Absatz stieg. Mit dem Ende des Krieges, nach dem Zusammenbruch der deutschen Wirtschaft, befand sich auch die Firma Benz in einer Krise. Als 1926 die Firma „Daimler-Benz AG" gebildet wurde, trat auch *Benz* in die Firma ein. Am 4. April 1929 starb *Carl Benz* in Ladenburg.

Lebensdaten zu Gottlieb Daimler

1834	Am 17. März in Schondorf bei Stuttgart geboren
1857 bis 1859	Studium am Polytechnikum
1863 bis 1869	Arbeit in der Maschinenfabrik Reutlingen, Bekanntschaft mit *Wilhelm Maybach*
1869 bis 1872	Vorstand der Maschinenbau-Gesellschaft Karlsruhe
1872 bis 1882	Tätigkeit in der Gasmotoren-Fabrik Deutz bei *Otto* und *Langen*

1882	Gründung einer eigenen Werkstatt in Cannstatt
1883	Patent für einen Motor mit liegendem Zylinder
1886	Vierrädriger Daimlerscher Kutschwagen
1889	Entwicklung eines Zweizylindermotors mit V-förmiger Anordnung der Zylinder
1890	Gründung der Aktiengesellschaft „Daimler-Motoren-Gesellschaft"
1900	*Gottlieb Daimler* stirbt am 6. März in Cannstatt

Lebensdaten zu Carl Friedrich Benz

1844	Am 25. November in Karlsruhe geboren
1861 bis 1864	Studium am Polytechnikum in Karlsruhe
1871	*Benz* gründet in Mannheim eine mechanische Werkstatt
1883	Gründung der „Benz & Cie., Rheinische Gasmotorenfabrik" in Mannheim
1885 bis 1886	„Benz-Dreirad" als erstes brauchbares Automobil mit Benzinmotor und erste öffentliche Fahrt in Mannheim
1891 bis 1892	Einführung der Achsschenkellenkung
1926	Bildung der „Daimler-Benz AG"
1929	*Carl Benz* stirbt am 4. April in Ladenburg

Literaturverzeichnis zu Gottlieb Daimler und Carl Friedrich Benz

[1] *Siebertz, P.:* Gottlieb Daimler. Berlin 1942.
[2] *Kirchberg, P.:* Oldtimer-Autos von einst. Leipzig, Jena, Berlin 1974.
[3] *Gränz, P., P. Kirchberg:* Klassiker auf vier Rädern. Leipzig, Jena, Berlin 1979.

Otto Lilienthal (1848 bis 1896)

Mit dem Namen *Otto Lilienthal* ist eine entscheidende Etappe in der Geschichte der Luftfahrt verknüpft. Ihm gelang es als ersten Menschen, den Gleitflug nach dem Prinzip „schwerer als Luft" zu verwirklichen.

Die Quellen zur Geschichte der Luftfahrt belegen, daß die Auseinandersetzung des Menschen mit der Umwelt auch von dem Wunsch begleitet ist, technische Mittel zu besitzen, um ähnlich den Vögeln im Luftraum eine Fortbewegung zu ermöglichen. Ist auch der Wunsch, fliegen zu können, uralt, so ist seine technische Verwirklichung durch Erzeugung eines dynamischen Auftriebs erst jüngeren Datums. Unter all denen, die ihr Leben für die Erschließung des Luftraumes einsetzten, steht *Otto Lilienthal* an erster Stelle, denn er hat im Gegensatz zu seinen vielen Vorläufern nicht einen *einzelnen* Gleitflug gewagt, sondern er ist auf Grund gründlicher theoretischer und praktischer Vorarbeiten weit über tausend Mal im Winde gesegelt.

Otto Karl Wilhelm Lilienthal wurde am 23. Mai 1848 in Anklam geboren. Sein Vater besaß zunächst eine gutgehende Tuchhandlung. Als er sich 1848 öffentlich zur demokratischen Richtung des Anklamer Reformvereins bekannte, verlor er seinen Kundenkreis — Gutsbesitzer der Umgebung. Nach Aufgabe des Geschäfts konnte

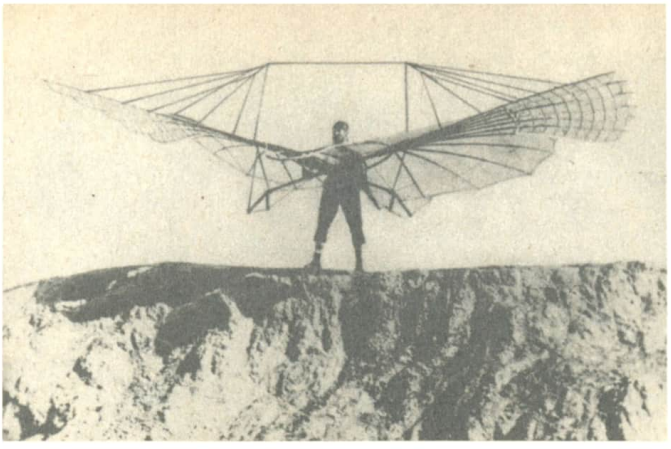
Otto Lilienthal

der mathematisch und technisch begabte Mann die Produktivität eines ihm gehörenden Torfstiches zwar erhöhen, jedoch reichte dies nicht aus, um in der Konkurrenz mit den in größeren Mengen und mit billigeren Tagelöhnern produzierenden Gutsbesitzern zu bestehen. Nach seinem Tode war die Mutter — die vor ihrer Eheschließung in Dresden und Berlin Musik studiert hatte und Musiklehrerin geworden war — für die Erziehung und Bildung der drei Kinder allein verantwortlich. Sie legte große Sorgfalt auf deren musische Erziehung und förderte die vom Vater geweckten technischen Interessen ihrer beiden Söhne *Otto* und *Gustav* (1849 bis 1933). Beide besuchten das Anklamer Gymnasium mit wechselhaftem Erfolg.

Schon in das Jahr 1862 fallen die ersten Versuche der Gebrüder *Lilienthal*, ihre Beobachtungen über das Flugverhalten der Vögel, speziell der Störche, mit einem Flügelpaar aus Leisten und Buchenspanbrettern umzusetzen. Nachts — um nicht verspottet zu werden — liefen sie vom Kugelfang des Anklamer Schießplatzes, die Flügel mit der Kraft ihrer Arme bewegend, dem Wind entgegen. [1; S. 19] Die Versuche mußten scheitern. Entscheidend war jedoch, daß sie von ihrer Mutter immer wieder angespornt wurden und seit dieser Zeit beharrlich Studium, Beruf und Familie in den Dienst der Verwirklichung ihres Wunsches stellten.

Ab 1864 besuchte *Otto Lilienthal* die Potsdamer Provinzialgewerbeschule mit der Ausbildungsrichtung Maschinenbauer. Mittellos lebte er bei Verwandten, verdiente seinen Lebensunterhalt selbst und experimentierte heimlich weiter. Nach zwei Jahren verließ er mit dem besten Zeugnis die Schule und wurde Praktikant in der Berliner Maschinenfabrik Schwartzkopf. Mit „einem Taler in der Tasche" lernte er die sich stürmisch entwickelnde Industriestadt Berlin mit ihren Mietskasernen gründlich kennen. Als „Schlafbursche" teilte er sich ein Bett mit einem Droschken- und Rollkutscher. Der Praktikant fiel in der Maschinenfabrik auf, über das Zeichenbüro kam der Neunzehnjährige nach kurzer Zeit in das Konstruktionsbüro des Werkes.

Während des Sommerurlaubs 1867 in Anklam baute *Otto* gemeinsam mit seinem Bruder *Gustav Lilienthal* einen zweiten Flugapparat aus Palisanderholz und



Lilienthal bei einem seiner Versuche

Gänsefedern nach in Berlin angefertigten Zeichnungen. Da sie menschliche Muskelkraft für die Bewegung manntragender Flügel benutzen wollten, mußte auch dieser Versuch fehlschlagen. Die Gebrüder fanden nach weiteren späteren Experimenten, daß das Flugproblem so nicht zu lösen sei. Überhaupt gab es in dieser Zeit, selbst bei wissenschaftlichen Autoritäten gegenüber der Realisierungsmöglichkeit des Menschenfluges größte Skepsis. *Hermann von Helmholtz* (1821 bis 1894) beschäftigte sich sechs Jahre später mit aerodynamischen Untersuchungen und erkannte, daß „... es kaum als wahrscheinlich zu betrachten sei, daß der Mensch auch durch den allergeschicktesten flügelähnlichen Mechanismus, den er durch seine eigene Muskelkraft zu bewegen hätte, in den Stand gesetzt werden würde, sein eigenes Gewicht in die Höhe zu heben und dort zu erhalten". [6; S. 509]

Dieses richtige Urteil ist bis heute noch nicht — obwohl immer wieder versucht — widerlegt worden. Von der Öffentlichkeit wurde es jedoch als eine generelle Absage an die Möglichkeit, nach dem Prinzip „schwerer als Luft" jemals fliegen zu können, interpretiert. [vgl. 5; S. 90f.] *Lilienthal* hatte sich ständig damit auseinanderzusetzen. Im Oktober 1867 begann er ein Studium an der Gewerbeakademie in Berlin, die damals von *Franz Reuleaux* (1829 bis 1905) geleitet wurde. Als sein Bruder mit einem von den Gebrüdern *Lilienthal* erdachten und gebauten Tretwagen ebenfalls nach Berlin zum Architekturstudium kam und der Wagen verkauft werden konnte, war Geld für neue Versuche vorhanden. Neben dem erfolgreichen Studium — *Otto Lilienthal* wurde bald ein Stipendium bewilligt — arbeiteten die Brüder weiterhin, ungeachtet des Spotts der Kommilitonen, an einem Flugapparat.

1870 beendete *Lilienthal* sein Studium. Ein Angebot von *Reuleaux*, als Assistent an der Akademie zu bleiben, schlug er ab. Den Deutsch-Französischen Krieg 1870/71 machte *Otto Lilienthal* als Einjährig-Freiwilliger mit. In Briefen an den dienstuntauglichen Bruder berichtete er über die Verwendung von Luftballons durch die in Paris eingeschlossenen Kommunarden und kommt auch dadurch angeregt mit Plänen für eigene weitere Arbeiten nach Berlin zurück.

Die Brüder versuchten zunächst vergeblich, wirtschaftliche Selbständigkeit zu erreichen. Entwürfe für einen Heißluftmotor, die Konstruktion einer Schrämm-

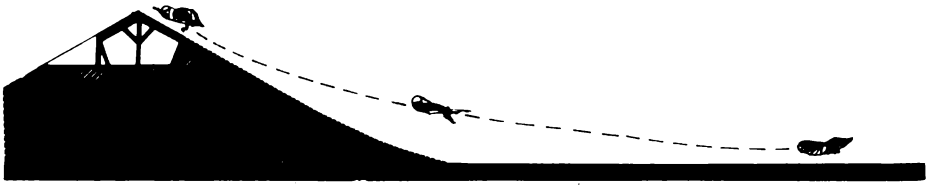
maschine für den Bergbau sollten dazu dienen. Die Kosten für die Entwicklung eines Kinderspielzeuges überstiegen ihre finanziellen Möglichkeiten. Nach vergeblichen Versuchen, dieses Spielzeug selbst zu verkaufen, mußten sie diese ausgereifte Idee an einen *F. A. Richter* (1846 bis 1910) veräußern. Diesem gelang es, das später unter dem Namen „Anker-Steinbaukasten" weltberühmte Kinderspielzeug in großem Umfang zu produzieren.

Neben der Berufsarbeit führte *Otto Lilienthal* weitere theoretische Untersuchungen und praktische Versuche zur Verwirklichung des Menschenfluges durch. Er baute Schlagflügelmodelle, Kleinst-Dampfmaschinen, Motore und Flugdrachen, unternahm Vogelbeobachtungen und führte zahllose Auftriebs- und Widerstandsmessungen durch. „Die wichtigste Erkenntnis dieser Jahre war die Entdeckung, daß gewölbte Tragflächen einen größeren Auftrieb liefern, als ebene." [3; S. 284] Zwar hatten schon andere Flugtechniker diese Einsicht vor ihm, doch *Lilienthal* benutzte diese Entdeckung zusammen mit seiner bahnbrechenden Methode: „Vom Schritt zum Sprung, vom Sprung zum Flug", um auf diese Weise den Gleitflug zu verwirklichen. Zu dieser Methode kam er durch Vogelflugbeobachtungen. Von den ersten Beobachtungen bis zur Konstruktion seiner letzten Flugapparate ließ er sich stets durch die Natur anregen.

Die Kosten für die langwierigen Untersuchungen und den Bau von zahlreichen Flugapparaten (im Laufe seines Lebens konstruierte er insgesamt 21 Apparate) konnten aufgebracht werden, nachdem *O. Lilienthal* 1881 ein Patent für Schlangenrohrkessel erhielt und darauf aufbauend eine Maschinenfabrik gründete, die später, nachdem weitere Patente hinzukamen, bis zu 60 Arbeiter beschäftigte. [4; S. 42]

Seine Einblicke in die soziale Situation der Arbeiterklasse, beeinflußt von der christlichen Sozialethik *Moritz von Egidys* (1847 bis 1898), berücksichtigte er nun in seinem Betrieb. 1890 führte er die Gewinnbeteiligung für die Arbeiter ein und stellte dafür 25% des Reingewinns zur Verfügung. Erst Jahre später wurde ähnliches in der Optischen Werkstätte von *Carl Zeiß* (1816 bis 1888) in Jena eingeführt. In *Lilienthals* Betrieb wurde nun auch eine Abteilung eingerichtet, in der die verschiedensten Flugzeugtypen gebaut wurden. 1889 erschien *O. Lilienthals* Buch über den Vogelflug, eine der bedeutendsten flugtechnischen Veröffentlichungen jener Zeit. Das Buch erregte Aufsehen bei Flugtechnikern in Deutschland, Rußland, Frankreich, England und Amerika. Die Öffentlichkeit nahm jedoch keine Notiz davon. Die Ballonfahrt stand damals im Mittelpunkt des Interesses. *Otto Lilienthal* betrachtete diese als ein Hindernis auf dem Weg zum freien Flug. Er betonte in seinem Buch, daß allein die genaue Nachahmung des Vogelflugs den Menschenflug ermöglichen werde, weil sie die einzige Methode sei, die freies, schnelles und wenig Kraft erforderndes Fliegen gestatte. „Die Nachahmung des Segelfluges muß auch dem Menschen möglich sein, da er ... nur ein geschicktes Steuern erfordert, wozu die Kraft des Menschen völlig ausreicht ..." [3; S. 284] Dies war die feste Überzeugung *Otto Lilienthals*.

Beruf und zeitweilige Krankheit verhinderten, daß der Bruder, der bisher großen Anteil an den Entwicklungen hatte, sich weiterhin beteiligen konnte. Damit wurde die praktische Verwirklichung des Segelfluges ausschließlich die Leistung *Otto Lilienthals*. Mit dem Jahre 1891 war die Periode umfangreicher theoretischer



Der „Fliegeberg" — ein 15 m hoher künstlicher Hügel, in der Spitze ein Geräteschuppen

Untersuchungen abgeschlossen und die Anwendung in der Praxis wurde im großen Umfang durchgeführt.

Seine aus einem Weidenholzgestell und mit Schirting (mit Lack überzogenes Baumwollgewebe) bespannten Flugapparate hatten unterschiedliche Maße. Das 1893 patentierte Flugzeug (der Begriff „Flugzeug" wurde für seine Segelapparate erstmals von *Lilienthal* in dieser Zeit gebraucht) war ein zusammenklappbarer Flugapparat von 14 m^2 Tragfläche, 6,6 m Spannweite und 2,5 m größte Flügeltiefe. Von ihm gebaute Doppeldecker hatten eine Spannweite von 5,5 m bis 7 m und eine Gesamtfläche von maximal 25 m^2.

In einem vielbeachteten Vortrag im „Verein zur Förderung der Luftschiffahrt" — dessen Mitglied er 1886 geworden war — legte *Lilienthal* seine Auffassungen über Fliegetheorie und Fliegepraxis dar. „Es gibt nichts verkehrteres", sagte er, „als auf Grund theoretischer Arbeiten sogleich eine Flugmaschine fix und fertig bauen zu wollen. Beim Herumraten und planlosen Probieren komme für die Fliegekunst überhaupt nichts heraus. Der Übergang müsse vielmehr planvoll und schrittweise erfolgen." [5; S. 220] Gerade so nahm *Lilienthal* nun auch die Verwirklichung des Fluges in Angriff.

Zunächst mußten Stehübungen mit dem aufgespannten Flugapparat gegen den Wind gemacht werden. Der nächste Schritt seiner Versuche waren Sprünge von einem Sprungbrett im Garten hinter dem Wohnhaus, bei denen er durch die Flügel Weiten von 6 bis 7 m erreichte. Dann beherrschte er den Flugapparat so gut, daß ab Sommer 1891 „Flugplätze" aufgesucht werden konnten. Zunächst fand er ein geeignetes Gelände am Mühlenberg bei Derwitz zwischen Potsdam und Groß Kreutz. Aus einer Absprunghöhe von 5 bis 6 m schaffte er hier Flugweiten bis zu 25 m.

O. Lilienthal war körperlich noch so gewandt, daß er jede freie Zeit für zahllose Versuche benutzen konnte. Nach jedem Sprung wurden die Flugweite gemessen, der Flug ausgewertet und dann am Apparat ständig Verbesserungen vorgenommen. Mit vertikalen und horizontalen Schwanzflächen wurden Elemente angebaut, um die Stabilität im Fluge zu erhöhen. Ständig auf der Suche nach geeignetem Gelände, welches ihm erlaubte, bei jeder Windrichtung gegen den Wind zu üben, versuchte er seine Flugübungen weiterhin in einer Kiesgrube und auf einer Höhe bei Berlin-Steglitz.

Am Gollenberg bei Stölln, in den Rhinower Bergen zwischen Rathenow und Neustadt an der Dosse fand *Lilienthal* 1893 seinen Hauptübungsplatz. Hier erreichte er Flugweiten bis zu 300 m. 1894 ließ er auf seine Kosten in Berlin-Lichterfelde einen 15 m hohen Hügel — bald „Fliegeberg" genannt — aufschütten. Durch seine Vorträge im „Verein zur Förderung der Luftschiffahrt", seine publizistische Tätigkeit in der „Zeitschrift für Luftschiffahrt und Physik der Atmosphäre" und in der

Gedenkstein für Lilienthal
an der Absturzstelle
auf halber Höhe des Gollenbergs bei Stölln

Zeitschrift „Prometheus", aber auch durch Pressemeldungen und Fotografien über seine Flüge lenkte er in immer größerem Maße die Aufmerksamkeit der internationalen Fachwelt auf seine Arbeiten. Der berühmte österreichische Physiker *Ludwig Boltzmann* (1844 bis 1906) in Wien und der seit 1870 auch mit Problemen der Luftfahrt beschäftigte Ingenieur *Octave Chanute* (1832 bis 1910) in den USA interessierten sich für seine Versuche und Ergebnisse. In Rußland, Finnland und England sprach und schrieb man über *Lilienthal*. Im Ergebnis seiner anwachsenden Popularität erhielt er zahlreiche Besuche u. a. aus Frankreich, der Schweiz, den USA und England.

In Rußland beschäftigte sich *N. J. Shukowski* (1847 bis 1921) ausführlich mit den Arbeiten und Versuchsergebnissen von *Lilienthal*. 1895 besuchte dieser *Lilienthal* in Berlin und nahm an Flugübungen am „Fliegeberg" teil. In einem Zeitschriftenaufsatz urteilte er: „Die wichtigste Erfindung der letzten Jahre auf dem Gebiete der Luftfahrt ist der Flugapparat des deutschen Ingenieurs *Otto Lilienthal*." [2; S. 288]

Im August 1896 fuhr *Otto Lilienthal* zum letzten Male in die Rhinower Berge. Während eines Fluges stürzte er aus 15 bis 20 m Höhe zur Erde. An den Folgen einer Rückgratverletzung verstarb er am 10. August in Berlin.

Nach *Lilienthals* Tod bildete sich seine „Schule" heraus. Flugtechniker, vor allem in England, Frankreich und den USA, die mit *Lilienthal* größtenteils in persönlicher Verbindung gestanden hatten, arbeiteten nach seiner Methode weiter. In den USA war es *Chanute*, der die Brüder *Wilbur* (1867 bis 1912) und *Orville Wright* (1871 bis 1948) anregte, die dann im Jahre 1903 den Motorflug verwirklichten.

Lebensdaten zu Otto Lilienthal

1848	Am 23. Mai in Anklam geboren
1864 bis 1866	Besuch der Gewerbeschule in Potsdam
1866 bis 1867	Praktische Tätigkeit in der Maschinenfabrik Schwartzkopf in Berlin

1867	Studium an der Königlichen Gewerbeakademie in Berlin
1870 bis 1871	Teilnahme am Deutsch-Französischen Krieg
1871	Beginn der Tätigkeit in Berliner Maschinenfabriken
1872	*Lilienthal* und sein Bruder konzentrieren sich auf theoretische und experimentelle Untersuchungen
1875	Konstruktion einer Schrämmaschine
1881	*Lilienthal* richtet eine Werkstatt ein, die — auch durch Verwirklichung weiterer Patente — zur Fabrik ausgeweitet wurde
1889	„Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst"
1891	*Otto Lilienthal* wird der erste Flugpraktiker
1893	Segelflug in den Rhinower Bergen, Flugweiten bis zu 300 m
1895	Flugversuche mit einem Doppeldecker, Konstruktion von 2 Motoren für Segelflugzeuge
1896	*Otto Lilienthal* stirbt am 10. August an den Folgen eines Absturzes

Literaturverzeichnis zu Otto Lilienthal

[1] *Seifert, K.-D.:* Otto Lilienthal, Mensch und Werk. Neuenhagen bei Berlin 1961.

[2] *Shukowski, N. J.:* Der Flugapparat Otto Lilienthals. In: Deutsche Flugtechnik, Berlin 5 (1961) 8, S. 288—291.

[3] *Wissmann, G.:* Otto Lilienthal als Techniker. In: Deutsche Flugtechnik, Berlin 5 (1961) 8, S. 284—287.

[4] *Halle, G.:* Otto Lilienthal. 2. erw. Aufl. Düsseldorf 1956.

[5] *Schwipps, W.:* Lilienthal. Berlin-West 1979.

[6] *Helmholtz, H.:* Über ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend, nebst Anwendung auf das Problem, Luftballons zu lenken. In: Monatsberichte der kgl.-preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin 1874, S. 501—514.

3 Techniker und Ingenieure vom Ende des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart

„Der Kapitalismus kann keinen Augenblick lang auf der Stelle stehenbleiben. Er muß vorwärts, immer vorwärts schreiten. Die Konkurrenz ... zwingt dazu, stets neue Mittel zur Verbilligung der Produktion zu erfinden."

(W. I. Lenin)

„Die einzige materielle Grundlage des Sozialismus kann nur die maschinelle Großindustrie sein..."

(W. I. Lenin)

Einführung

Gegen Ende des 19. Jh. begann in den hochentwickelten Industrieländern der Kapitalismus der freien Konkurrenz infolge weiterer stürmischer Entwicklung der Produktivkräfte und der daraus resultierenden enormen Vergesellschaftung der Produktion allmählich in sein monopolistisches Stadium überzugehen. Dieser Prozeß war um die Jahrhundertwende im wesentlichen abgeschlossen. Die Kapitalverwertungsinteressen, die objektive Notwendigkeit, innerhalb des Konkurrenzkampfes den Reproduktionsprozeß unter Nutzung neuester wissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse auf immer höherer Stufenleiter zu vollziehen, die Tatsache, daß die Akkumulationskraft und -fähigkeit einzelner Unternehmen oft nicht ausreichte, um die komplizierten und teuren technischen Anlagen anschaffen zu können, führten zu diesen neuen Entwicklungsformen des Kapitalismus. [vgl. dazu 1] Die Monopolisierung war wiederum Voraussetzung für weiteres schnelles Voranschreiten des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, für qualitative und quantitative Veränderungen in Wissenschaft und Technik:

— In der Industrie vollzog sich der Übergang zur Massenproduktion der wichtigsten Erzeugnisse auf der Grundlage gewaltiger Betriebe und Produktionsvereinigungen, der umfassenden Mechanisierung der Produktion und der Einführung von Fließbändern.

— Neue Prinzipien der Organisation und Leitung der Produktion sowie des Zusammenschlusses von Wissenschaft und Produktion setzten sich durch. Noch deutlicher als in der Zeit der industriellen Revolution, in der sich das Verhältnis zwischen Naturwissenschaft, Technik und Produktion grundlegend gewandelt und zu dauerhaften und festen Verbindungen geführt hatte, wurde die Rolle der Wissenschaft für die technische Entwicklung spürbar. Sie entsprach immer besser praktischen Bedürfnissen der Technik.
— Die Schwerindustrie — Metallurgie, Maschinenbau, Bergbau — wurde gegenüber der bis dahin führenden Leichtindustrie zum entscheidenden Bereich der Produktion. Der Bedarf an Eisen und Stahl war rapide gestiegen; Maschinen, Brückenkonstruktionen, Schiffe u. a. wurden in immer größeren Stückzahlen aus diesen Werkstoffen gefertigt; die Massenproduktion und die Mechanisierung der Fertigung erforderten mehr Maschinen. Von der Produktionszunahme im Bereich der Schwerindustrie hing damit das Wachstum der gesamten Wirtschaft ab.
— In den Bereichen Stahlerzeugung, Elektromaschinen, Verbrennungsmotoren und Fahrzeugbau gab es entscheidende technische Neuerungen (z. B. Siemens-Martin-Verfahren, Drehstrommotor und -transformator, Dieselmotor, elektrische Lokomotiven); die Nachrichtentechnik wurde umfassend genutzt (Radio-Telephonie, drahtlose Funktelegraphie, Vorführung bewegter Bilder).
— In der Elektrotechnik und in der chemischen Industrie setzten sich auf wissenschaftlicher Grundlage konzipierte Produktionsverfahren durch (z. B. Gewinnung von Elektroenergie durch Kopplung von Dampfmaschine und Stromerzeuger; elektrische Beleuchtungssysteme; Kunstharz- und Zellwollherstellung; Kohleverflüssigung).
— Technische Mittel wurden umfassender in der Landwirtschaft angewendet (z. B. Mähbinder; mit Dampfmaschine gekoppelte Dreschmaschine).
Die damit einhergehende enorme Effektivitätssteigerung der Produktion wurde aber nicht gesamtgesellschaftlich, im Interesse aller Mitglieder der Gesellschaft, wirksam. Die sozialen Antagonismen traten deutlicher, schärfer, tiefgreifender hervor.
Der Monopolkapitalismus versuchte durch neue Mittel und Wege, die objektiven gesellschaftlichen Widersprüche zu lösen bzw. zu überwinden. In erster Linie sollte und soll dies durch intensive Nutzung von Wissenschaft und Technik erreicht werden. Der Imperialismus verfügte und verfügt über ein beachtliches Potential, um den wissenschaftlich-technischen Fortschritt voranzutreiben. Aber: „Begleitet wird dieser Fortschritt, wie jeder andere Fortschritt des Kapitalismus, von einem ‚Fortschritt' der Widersprüche, d. h. von ihrer Verschärfung und Erweiterung." [2; S. 182] Großartige Leistungen auf wissenschaftlich-technischem Gebiet auf der einen Seite, soziale Unsicherheit, wachsende Arbeitslosigkeit, Überproduktionskrisen und Destruktivkräfte menschlicher Existenz in Form immer gefährlicherer Kriegstechnik auf der anderen Seite — so stellt sich der wissenschaftlich-technische Fortschritt im Imperialismus von Anfang an dar. Ursprünglich eingesetzt als Mittel der Profiterhöhung, des Bestehens im Konkurrenzkampf (sowohl einzelner Monopole als auch ganzer Länder untereinander) und der Systemstabilisierung, zeigt er sich als eine Kraft, die auf Auflösung und Überwindung der bestehenden kapitalistischen Herrschaftsformen drängt.

Der Imperialismus hat seit der Jahrhundertwende bedeutende Ergebnisse auf technischem Gebiet erzielt: in der Fertigungstechnik wie in der chemischen Industrie, im Automobil-, im Lokomotiv- wie im Fahrzeugbau, in der Elektroenergieerzeugung, ihrer Übertragung und Nutzung ebenso wie in der Informationsübertragung und -verarbeitung, in der Massenkommunikation wie in der Automatisierung der Produktion, auf den Gebieten der Rohstoffgewinnung, ihrer Veredlung und der Herstellung „rein" synthetischer Stoffe ebenso wie im Industrie-, Gesellschafts- und Wohnungsbau und in der Arbeitsorganisation.

Voraussetzung und Bedingung dieser enormen technischen Entwicklung waren neben den schon erwähnten Veränderungen im gesellschaftlichen Bereich *erstens* enger werdende Beziehungen zwischen Theorie und Praxis, zwischen Wissenschaft und Produktion. Sie führten einerseits nach und nach zu einer „Verwissenschaftlichung" der Produktionsprozesse, andererseits zu neuen Fragestellungen für die Grundlagen- und angewandte Forschung und zur Bereitstellung technischer Erkenntnismittel. Dabei vollzog sich diese „Verwissenschaftlichung" der Technik nicht in allen Produktionszweigen und Ländern gleichmäßig. Im Gegensatz etwa zur elektro- und modernen chemischen Industrie, die von Anfang an theoretisch-wissenschaftliche Erkenntnisse praktisch nutzten, erfolgte in den traditionellen Industriezweigen (z. B. Maschinenbau) die Hinwendung zu wissenschaftlich durchdachten Produktionsprozessen weitaus langsamer. [vgl. 3; S. 276f.]

Damit waren *zweitens* Veränderungen in der Wissenschaftsorganisation und im Wissenschaftsbetrieb verbunden. In großen Industrieunternehmen, speziell der Elektro- und der chemischen Industrie, bildeten sich eigene Forschungseinrichtungen von hohem Niveau mit einem großen wissenschaftlichen und materiell-finanziellen Potential heraus. Hier wurde eine streng anwendungsorientierte Forschung betrieben. Die Grundlagenforschung verblieb im wesentlichen an den Universitäten und Hochschulen oder wurde von speziellen Instituten übernommen. Aber auch in ihnen setzte eine Orientierung auf praktisch relevante Probleme ein. Die Monopole sicherten sich durch materielle Unterstützung der Universitäten und Hochschulen das Verfügungsrecht über wissenschaftliche und technische Ergebnisse. Speziell an den technischen Hochschulen wurde eine zielgerichtete Auftragsforschung durchgeführt, Maschinenlaboratorien eingerichtet, die Zahl der Studierenden erhöht und der Studiengang den praktischen Erfordernissen des späteren Berufslebens angepaßt. Darüber hinaus bildeten sich private oder staatliche Forschungsinstitute oder -gemeinschaften, die in der Regel Mittel aus dem Staatshaushalt erhielten (z. B. die 1888 gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt und die 1911 gegründete Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft). *Drittens* kam es zu Veränderungen in den Wissenschaften selbst, speziell in den Technikwissenschaften und in deren Verhältnis zu Naturwissenschaften und Mathematik. Die neuartigen technischen Lösungen, Möglichkeiten und Erfordernisse, z. B. bei der konstruktiven Auslegung von Werkzeugmaschinen, der Berechnung von Stromerzeugern, der Paßfähigkeit, der Standardisierung und des Austauschbaus, der Kraftübertragung und der Entwicklung neuartiger metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe sowie der exakten Gestaltung von Produktionsabläufen stellte die Technikwissenschaften vor neue und ungewöhnliche Probleme. Ihre Lösung erforderte exakte Aufgabenstellungen, klare Arbeitsteilung und meistens

den gleichzeitigen Einsatz verschiedener Wissensgebiete (z. B. Thermodynamik, Festigkeitslehre, Meßwesen, Getriebelehre) und Methoden (z. B. experimentelle Untersuchungen an originalen Systemen unter Labor- und Betriebsbedingungen, theoretische Überlegungen, mathematische Berechnungen). Die Technikwissenschaften differenzierten sich, neue Disziplinen bildeten sich heraus. [vgl. 4] Gegen Ende des 19. Jh. begann der Übergang von vorwiegend sammelnd-beschreibenden, mehr phänomenologisch ausgerichteten zu theoretisch-systematisierenden, verallgemeinernden Technikwissenschaften, deren Ergebnisse — in den einzelnen Disziplinen in unterschiedlichem Maße — zunehmend streng naturwissenschaftlich untermauert und mathematisiert dargestellt sind. Diese fundamentale Untermauerung auf naturwissenschaftlicher Grundlage hat sich Ende des 19. Jh. durch Ergebnisse der Chemie- und Elektroindustrie sowie der Optik und Feinmechanik angebahnt und in unserem Jahrhundert fortgesetzt.

Viertens erfolgten qualitative Veränderungen in den Naturwissenschaften und in der Mathematik, die Ende des 19. Jh. mit einer Revolution in der Physik begannen, in der Folgezeit immer mehr Wissensgebiete erfaßten und die ihre Ursache in bahnbrechenden Entdeckungen wie in der Entstehung neuer Theorien hatten. Die Schaffung der Relativitätstheorie in den ersten Jahrzehnten des 20. Jh., die Entstehung der Quantenmechanik und der Kernphysik, die Ausarbeitung theoretischer Grundlagen zur Schaffung synthetischer Stoffe, die den Anforderungen neuartiger technischer Systeme und Konstruktionen entsprachen, die Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen und -prinzipien für die Realisierung vollautomatisierter technischer Anlagen — all das wirkte sich, wenn auch mit gewisser zeitlicher Verzögerung, auf die Entwicklung technischer Objekte und Verfahren aus. Diese Entdeckungen wurden mit zur Grundlage einer qualitativen Umwälzung in Niveau und Struktur der materiellen Produktivkräfte und der Stellung des Menschen im Produktionsprozeß, die um die Mitte des 20. Jh. einsetzte und gegenwärtig noch anhält: die wissenschaftlich-technische Revolution.

Die wissenschaftlich-technische Revolution umfaßt die Gesamtheit der mit den grundlegenden qualitativen Veränderungen in der materiell-technischen Basis der Produktion und ihrer Leitung, in der Stellung und Funktion des Menschen im Arbeitsprozeß und damit im Charakter der Arbeit verbundenen Prozesse, durch die der Mensch immer mehr aus dem unmittelbaren Produktionsprozeß heraustritt und zum schöpferischen Gestalter und Kontrolleur der technologischen Prozesse wird. Ihre wesentlichen Kennzeichen bestehen in der Umwälzung des Gesamtsystems der Produktionsmethoden auf der Grundlage einer organischen Verbindung und Wechselwirkung von Wissenschaft und Produktion, in der sich daraus ergebenden grundlegenden Veränderung der technisch-ökonomischen Elemente des Produktionsprozesses sowie in der Umwälzung der Struktur und Arbeitsweise der Wissenschaft.

Auf der Grundlage der charakterisierten naturwissenschaftlichen Voraussetzungen und Entwicklungen der Produktivkräfte wurde die wissenschaftlich-technische Revolution infolge eines hohen Vergesellschaftungsgrades der Produktion möglich. Sie ist u. a. durch folgende technisch-technologische Merkmale charakterisiert, die prinzipiell neue technische und wissenschaftliche Lösungen darstellen: Übergang zur komplexen und flexiblen Mechanisierung und Automatisierung des gesamten

Produktionsprozesses auf der Basis von Mikroelektronik, Industrierobotern und der verstärkten Nutzung von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen; Technisierung bestimmter geistiger Komponenten menschlicher Arbeit; Schaffung umfassender und hocheffektiver gemeinsamer Wissenschafts- und Produktionsvereinigungen; Beherrschung neuer Naturkräfte und verstärkter Übergang zur Nutzung nichtmechanischer Wirkprinzipien (zum Beispiel Biotechnologie).

Die wissenschaftlich-technische Revolution beschränkt sich aber nicht nur auf solche grundlegenden und prinzipiellen qualitativen („revolutionären") Veränderungen im Rahmen der materiellen Produktion, sondern ist aufs engste mit ökonomischen und sozialen Veränderungen (Struktur und Dynamik der Produktivkräfte, Charakter und Inhalt der Arbeit, Lebens- und Entwicklungsbedingungen der Menschen, Qualifikation und Disponibilität der Werktätigen u. a. — [vgl. 5]) und Folgen (veränderte Mensch-Umwelt-Beziehungen, Möglichkeit der Produktion verheerender Massenvernichtungswaffen, Arbeitskräftefreisetzung infolge komplexer Mechanisierung und Automatisierung u. a.) verbunden, die entscheidend von den gesellschaftlichen Verhältnissen abhängen, unter denen sich die wissenschaftlich-technische Revolution vollzieht.

Die wissenschaftlich-technische Revolution bezeichnet den Beginn einer revolutionären Umwälzung der Produktivkräfte, die ihrem Wesen nach der Prozeß der Herausbildung der materiell-technischen Basis des Kommunismus ist.

Fünftens wurde der bürgerliche Staat immer mehr in den Dienst imperialistischer Wirtschaftspolitik, der weiteren profitorientierten Durchsetzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und der Wahrung der Konkurrenzfähigkeit auf dem internationalen Markt gestellt. Gesetzgebung, Bildungs- und Hochschulpolitik, Subventionen, Ausschußgründungen u. a. sind dafür beredtes Zeugnis.

Der bürgerliche Staat als politisches Machtinstrument der Bourgeoisie, der ökonomisch herrschenden Klasse, trieb die technische Entwicklung nicht nur voran. Er förderte auch ihre destruktive Tendenz. Die miteinander um größtmöglichen ökonomischen Einfluß, um Absatzmärkte und Rohstoffquellen rivalisierenden imperialistischen Industrieländer wandten einen erheblichen Teil ihres Nationaleinkommens, ihres technischen und wissenschaftlichen Potentials wie ihrer Ressourcen für die Entwicklung und Herstellung von Kriegstechnik und für die „Mechanisierung des Krieges" auf. Immer „effektivere" Waffensysteme wurden und werden unter Mißbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse und praktischer Erfahrungen ersonnen und hergestellt.

Ob Automobil-, Schiffs- und Flugzeugbau, ob Elektrotechnik, chemische Industrie und Nachrichtentechnik, ob Motoren- oder Werkstoffherstellung, überall fanden technische Entwicklungen in Richtung auf eine militärische Verwendbarkeit statt, die keinesfalls immer Bedeutung für den zivilen Sektor hatten.

Der erste und zweite Weltkrieg mit ihren über 10 bzw. 50 Millionen Toten und weit mehr Versehrten und Verletzten, mit kaum berechenbaren direkten und indirekten Kosten, mit unsagbarem Leid und riesigen Zerstörungen, mit der Vergeudung von Ressourcen, der Verschwendung menschlichen Schöpfertums und Arbeitskraft haben zweifellos die technische Entwicklung vorangetrieben. Sie haben zugleich sichtbar gemacht, wohin technische Entwicklung in einer Gesellschaft führt, deren Grundlage die Profitmaximierung ist.

Trotz des Übergangs zur industriellen Fließfertigung und Massenproduktion, trotz industrieller Großproduktion mit entsprechender Organisation, Teilung und Kooperation der Arbeit, trotz Einführung vollautomatisierter Produktionseinrichtungen und der Nutzung der Wissenschaft als unmittelbarer Produktivkraft werden die kapitalistischen Produktionsverhältnisse immer mehr zu Fesseln der Produktivkraftentwicklung und der Gestaltung humaner Mensch-Technik-Beziehungen.

Mit der technischen Entwicklung verstärkten sich auch die weltanschaulichen Reflexionen über den Zusammenhang von technischem und gesellschaftlichem Fortschritt, über den Sinn der Technik und ihre Folgen für Existenz und Entwicklung der Menschen. Das war ursächlich mit den deutlicher hervorbrechenden Widersprüchen zwischen dem gesellschaftlichen Charakter der Produktion und dem privaten Charakter der Aneignung der Produktion sowie den daraus resultierenden Konsequenzen (wirtschaftliche Disproportionen, Krisen, verstärkte intensive Ausbeutung, Proletarisierung breiter Kreise des Kleinbürgertums u. a.) verbunden. Hinsichtlich der Erfassung und Wertung des Zusammenhangs von Technik und Gesellschaft reicht in der bürgerlichen Ideologie das Spektrum weltanschaulicher Haltungen von einem illusionären Technikoptimismus, der von noch mehr technischem Fortschritt die Lösung aller Probleme erwartet, bis zu einem Technikpessimismus, der in der voranschreitenden Technisierung die Ursache aller Probleme sieht. In diese Spanne ordnen sich auch die weltanschaulichen Auffassungen zahlreicher Ingenieure und Technikwissenschaftler kapitalistischer Länder ein, die mit unterschiedlichsten politischen Ansichten verbunden sind. Gemeinsam ist diesen Haltungen, daß die Technik als das bestimmende und entscheidende Moment in der Gesellschaft angesehen oder ausgegeben wird und nicht das Eigentum an den grundlegenden Produktionsmitteln, womit der Zusammenhang von technischer und gesellschaftlicher Entwicklung — bewußt oder unbewußt — weniger er- als vielmehr verklärt wird. [vgl. 6, 7]

Die gesellschaftliche Entwicklung zeigt immer deutlicher die Notwendigkeit, zu sozialistischen Produktionsverhältnissen überzugehen. Moderne Technik, speziell die wissenschaftlich-technische Revolution, verlangt die Lösung des antagonistischen Widerspruchs zwischen gesellschaftlicher Produktion und privatkapitalistischer Aneignung auf gesamtgesellschaftlicher Ebene. Die im Verlaufe sozialistischer Revolutionen herausgebildeten bzw. herauszubildenden politischen und ökonomischen Machtverhältnisse schaffen völlig neue Bedingungen für die sozialen Funktionen von Wissenschaft und Technik in der Gesellschaft, setzen gewaltige Triebkräfte für deren Entwicklung und die Tätigkeit der Technikwissenschaftler und Ingenieure frei.

Das erkannten nach den revolutionären Veränderungen in der Sowjetunion, auf dem Territorium der Sowjetischen Besatzungszone Deutschlands — der späteren DDR — und in den anderen sozialistischen Ländern viele Natur- und Technikwissenschaftler, die vormals im Dienste der Monopole tätig waren. Sie setzten sich mit all ihrem Wissen und Können, den erreichten wissenschaftlich-technischen Erkenntnisstand nutzend, für die Stärkung der sozialistischen Staaten ein, wirkten bei der Organisierung und Reorganisation von Produktion und Wissenschaft, erarbeiteten neue technische Lösungen (man denke für die DDR nur an den Niederschachtofen, an BHT-Koks oder an Malimo) und entwickelten die Wissenschaft

auf vielen Gebieten weiter, wobei international beachtete Ergebnisse erzielt wurden. Unter sozialistischen Bedingungen sahen sie ihr humanistisches Grundanliegen, Wissenschaft zum Wohle des ganzen Volkes wirksam werden zu lassen, erstmals umfassend realisiert bzw. realisierbar.

Mit dem Sieg der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution und der Herausbildung des sozialistischen Weltsystems änderten sich auch die Bedingungen für die Entwicklung der Technik. Durch die Aufhebung des Privateigentums an Produktionsmitteln, die Möglichkeit und Notwendigkeit einer langfristigen Planung und die Veränderung des Verhältnisses der Menschen zur Arbeit, besonders zur schöpferisch-technischen Tätigkeit, wird die Entwicklung der Produktivkräfte mit humaner Zielsetzung gefördert. Die Jahrzehnte sozialistischer Entwicklung der Technik führten zu beeindruckenden Ergebnissen: Die Inbetriebnahme des ersten Atomkraftwerks der Welt, die Konstruktion mächtiger Düsen- und Turboprop-Flugzeuge, der erste atombetriebene Eisbrecher, die Schaffung künstlicher Erdsatelliten und kosmische Flüge bemannter Raumschiffe belegen das ebenso wie Erfolge auf den Gebieten der Metallurgie, der Energetik, des Bergbaus und der Kerntechnik sowie bei der Mechanisierung und Automatisierung der Produktion, um nur einige zu nennen.

In unserem Staat — der trotz seiner relativ geringen Einwohnerzahl von etwa 17 Mio. Einwohner (zum Vergleich: BRD etwa 59 Mio., Japan etwa 118 Mio., USA etwa 219 Mio. und UdSSR etwa 261 Mio. Einwohner) zu den 10 bedeutendsten Industrienationen der Welt gehört — ist ein solides und breites Fundament für fruchtbares wissenschaftlich-technisches Schaffen errichtet worden. Die DDR verfügt über ein leistungsfähiges wissenschaftlich-technisches Potential: Es wird gegenwärtig durch mehr als 180 000 Beschäftigte in den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie durch viele Neuerer verkörpert. Lebendiges Zeugnis der Förderung, die Wissenschaft und Technik in unserem Land erfahren, sind die Akademie der Wissenschaften und die Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, 53 Universitäten und Hochschulen sowie mehr als 230 Fachschulen (unter ihnen eine Technische Universität, mehrere Technische Hochschulen und Ingenieurhochschulen und zahlreiche Ingenieurschulen) und eine Vielzahl spezieller Forschungseinrichtungen. Die Gesellschaft stellt gegenwärtig jährlich rund 4% des Nationaleinkommens für Lehre und Forschung zur Verfügung — das entspricht einem international beachtlichen Stand. Auf vielen Gebieten der Metallurgie und Energiewirtschaft, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik, der chemischen und der Leichtindustrie konnten so international beachtete wissenschaftlich-technische Ergebnisse erreicht werden. Das ist auch auf das Wirken hervorragender Vertreter auf ingenieurtechnischem Gebiet zurückzuführen, denen wissenschaftliches Mittelmaß und Trägheit verhaßt war und ist, die — von ihren Ideen gepackt — mit dem Einsatz ihrer ganzen Persönlichkeit, mit Kühnheit und gesundem Risiko um den Erfolg rangen und ringen, kompliziertesten Bedingungen meisterten und unvermeidliche Rückschläge souverän überwanden.

Der Sozialismus kann nur auf der Grundlage der Nutzung der fortgeschrittensten Ergebnisse von Wissenschaft und Technik entwickelt werden, denn nur dann kann er seine sozialistisch-humanistische Zielstellung umfassend erfüllen. Er kann und muß alles Progressive und Wertvolle, das der Kapitalismus auf den Gebieten von Wissenschaft, Technik und Arbeitsorganisation hervorgebracht hat, übernehmen

und nutzen. Alle „Wunder" von Wissenschaft und Technik, alle Fortschritte auf diesen Gebieten werden nun zum Allgemeingut des Volkes, dienen dazu, die Arbeits- und Lebensbedingungen zu verbessern, die Effektivität der zweckmäßigen Tätigkeit zu erhöhen, den gesellschaftlichen Reichtum zu mehren und so die Persönlichkeitsentwicklung umfassend zu ermöglichen.

Der für die Volkswirtschaft der DDR erforderliche Effektivitätszuwachs als Voraussetzung für die Fortsetzung der Einheit von Wirtschafts- und Sozialpolitik erfordert u. a., den Aufwand an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit, an Energie und Rohstoffen je Erzeugniseinheit weiter zu senken. Das ist nur möglich durch die mit der ökonomischen Strategie der SED angezielte umfassende Intensivierung auf der Grundlage der weiteren Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und der höchstmöglichen ökonomischen und sozialen Verwertung seiner Ergebnisse. Das erfordert – wie das „Komplexprogramm des wissenschaftlich-technischen Fortschritts der Mitgliedsländer des RGW bis zum Jahr 2000" verdeutlicht – eine neue, höhere Etappe der Zusammenarbeit mit der UdSSR und den anderen sozialistischen Ländern.

Nach schwierigen Anfangsbedingungen — galt es doch in den sozialistischen Ländern, den wirtschaftlichen Aufstieg bei größtenteils veralteter oder zerstörter Technik, Sicherung der Verteidigungsfähigkeit und äußeren Störversuchen zu realisieren – zeigen die Erfolge, die in den Volkswirtschaften, in Industrie und Landwirtschaft der sozialistischen Länder erzielt wurden, die Spitzenleistungen auf zahlreichen wissenschaftlichen und technischen Gebieten, daß „dem Bündnis von Wissenschaft, Proletariat und Technik keine noch so finstere Gewalt widerstehen" [8; S. 394] kann.

Literatur

[1] Klassenkampf — Tradition — Sozialismus — Von den Anfängen der Geschichte des deutschen Volkes bis zur Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik. Grundriß. Berlin 1979.

[2] *Lenin, W. I.:* Zur Charakterisierung der ökonomischen Romantik. In: Werke, Bd. 2, Berlin 1961.

[3] *Brentjes, B., S. Richter, R. Sonnemann:* Geschichte der Technik. Hrsg. von R. Sonnemann, Leipzig 1978.

[4] *Iwanow, B. I., W. W. Tscheschew:* Entstehung und Entwicklung der technischen Wissenschaften. Leipzig, Moskau 1982.

[5] Mensch — Wissenschaft — Technik. Hrsg. von M. Buhr und G. Kröber, Berlin 1977.

[6] *Wollgast, S., G. Banse:* Philosophie und Technik. Zur Geschichte und Kritik, zu den Voraussetzungen und Funktionen bürgerlicher „Technikphilosophie". Berlin 1979.

[7] Technikphilosophie in Vergangenheit und Gegenwart. Hrsg. von S. Wollgast und G. Kovacs, Berlin 1984.

[8] *Lenin, W. I.:* Rede auf dem II. Gesamtrussischen Verbandstag des medizinischen und Sanitätspersonals, 1. März 1920. In: Werke, Bd. 30, Berlin 1972.

Carl von Linde

Maschinenbau — Fertigungstechnik

Carl von Linde (1842 bis 1934)

In der Geschichte der Kältetechnik spielt der deutsche Ingenieur *Carl von Linde* eine herausragende Rolle. Zwar ist die Geschichte der Kälteerzeugung wesentlich älter, und auch die drei Grundverfahren zur technischen Kälteerzeugung — die Absorptionsmaschine, die Kaltluftmaschine und die Kompressions-Kaltdampfmaschine — waren bereits vor der Mitte des 19. Jh. bis zur technischen Anwendung entwickelt, aber den Schritt von der vereinzelt genutzten Kältemaschine zur Kälteindustrie vermittelte erst das Wirken *Lindes*. Auf der Grundlage der Thermodynamik schuf er die Theorie der Kältemaschinen. Zugleich erkannte er, daß es für die großindustrielle Durchsetzung der Kältetechnik notwendig war, nicht nur bessere Kältemaschinen als bisher zu bauen, sondern auch die geeigneten Möglichkeiten für die Verwendung und Übertragung der Kälte zu erschließen. Die Nutzung wissenschaftlicher Grundlagen für die Vervollkommnung der Technik war also die eine Seite, die aktive Erschließung sich bietender Anwendungsmöglichkeiten die andere Seite seines Schaffens.

Am 11. Juni 1842 wurde *Carl Paul Gottfried Linde* in Berndorf bei Kulmbach (Oberfranken) als drittes von neun Kindern eines Pfarrers geboren. Neben der deutschen Sprache erlernte er von klein auf zugleich die französische. Um seinen Kindern bessere Schulmöglichkeiten zu bieten, ließ sich der Vater 1849 nach Kempten versetzen, wo er ab 1852 als erster Pfarrer und Dekan wirkte.

Linde besuchte ab 1849 die Volksschule und ab 1853 das humanistische Gymnasium in Kempten, das er 1861 mit insgesamt guten Noten abschloß. Entscheidend für seine Berufswahl wurde die Bekanntschaft mit der Familie des Direktors der Baumwollspinnerei von Kempten — die großen Arbeitsmaschinen beeindruckten ihn und bewogen ihn zu seinem Wunsch, Maschinenbau zu studieren. Trotz finanzieller

Belastungen konnte er von seinem Vater die Zustimmung zum Studium in Zürich erhalten.

Am Zürcher Polytechnikum lehrten damals Persönlichkeiten wie *Rudolf Clausius* (1822 bis 1888) Physik, *Gustav Zeuner* (1828 bis 1907) Mechanik und theoretische Maschinenlehre, *Franz Reuleaux* (1829 bis 1905) Maschinenoaukunde. *Linde* besuchte aber auch die Vorlesungen des Philosophen und Kunsttheoretikers *Friedrich Theodor Vischer* (1807 bis 1887), der Architekten *Gottfried Semper* (1803 bis 1879) und *Wilhelm Lübke* (1826 bis 1893) und verkehrte im Hause des Mediziners *Theodor Billroth* (1829 bis 1894).

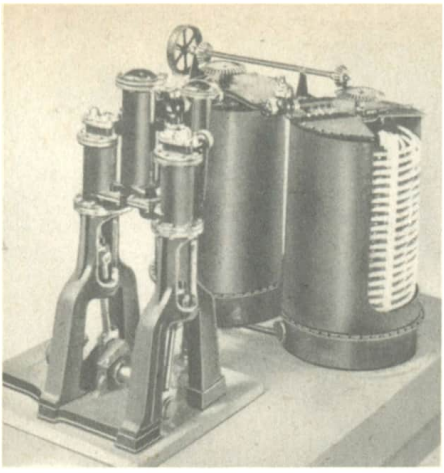
Wegen der Teilnahme an — offenbar nicht politisch motivierten — Studentenunruhen mußte *Linde* 1864 das Studium ohne Diplom beenden. Dadurch wurde sein Bemühen um eine feste Arbeitsstelle erschwert. Anfang 1865 reiste er nach Berlin, und durch Vermittlung von *Reuleaux* (der inzwischen Direktor der Berliner Gewerbeakademie geworden war) bekam *Linde* eine unbezahlte Volontärstelle in der *Borsig*schen Lokomotivfabrik am Oranienburger Tor. Bald rückte er zum Mitarbeiter in *Borsigs* Zeichenbüro mit einem monatlichen Gehalt von 16 Talern auf.

Seine Absicht zu heiraten zwang *Linde*, sich nach einer besserbezahlten Stelle umzusehen. Er erfuhr von der beabsichtigten Neugründung einer Lokomotivfabrik in München durch den Maschinenmeister *Georg Krauß* (1826 bis 1906) und bewarb sich mit Erfolg um die Leitung des technischen Büros. Im März 1866 nahm er seine Arbeit in München auf, und im September heiratete er seine Kusine Helene, Tochter des Berliner Generalstaatsanwalts. *Linde* fühlte sich bei Krauß „... in der Schule eines ausgezeichneten Meisters" [4; S. 25] und entwickelte eine Reihe von Verbesserungen für das Antriebs- und Bremssystem von Lokomotiven. Sein Interesse galt jedoch vor allem wissenschaftlicher Arbeit. Als 1868 in München ein Polytechnikum gegründet wurde, gelang es ihm — 26jährig — eine außerordentliche Professur für Maschinenlehre zu bekommen. Die 1000 Gulden Jahresgehalt versuchte er durch allerlei Nebenarbeiten aufzubessern: er schrieb für Fachzeitschriften, wirkte als Sachverständiger u. dgl. 1872 wurde er zum ordentlichen Professor am Münchner Polytechnikum berufen.

Linde führte in das Lehrgebiet der theoretischen Maschinenlehre, zu dem u. a. die Wärmekraftmaschinen gehörten, erstmals die Theorie der Kältemaschinen ein. Zugleich war er bestrebt, „... die Theorie dieser Arbeitsvorgänge durch unmittelbare Anschauung lebendig zu gestalten". [4; S. 32] Daher veranlaßte er den Bau des ersten Maschinenlaboratoriums. Enge Freundschaft verband ihn seit jener Zeit u. a. mit seinen damaligen Münchner Kollegen am Polytechnikum, dem Mathematiker *Felix Klein* (1849 bis 1925) und dem Physiker *Wilhelm von Bezold* (1837 bis 1907).

Wichtig für *Lindes* weiteren Lebensweg wurde 1870 eine Preisaufgabe für eine spezielle Kühlanlage. Sie veranlaßte ihn, sich mit dem Wirkungsgrad der bekannten Kältemaschinen zu befassen, und er ermittelte den thermodynamisch günstigsten Arbeitsvorgang. Nachdem er in einer Abhandlung von 1870 diese theoretischen Grundlagen dargestellt hatte, zeigte er in seiner Arbeit von 1871 „Verbesserte Eis- und Kühlmaschine" Möglichkeiten für die Verbesserung des Wirkungsgrades (bisher erreichte man nur etwa ein Fünftel des Möglichen). In einem Vortrag auf dem Internationalen Brauerkongreß 1873 in Wien konnte *Linde* für sein Programm

Interesse wecken, solche Kältemaschinen nicht nur als Ersatz für die bisherige Natureistechnik einzusetzen, sondern zu verdeutlichen, „... wieviel vorteilhafter die unmittelbare Kühlung der Flüssigkeiten und Lufträume sei ...". [4; S. 37]
Mit Unterstützung insbesondere des Münchener Großbrauers *Gabriel Sedlmayr* (1811 bis 1891) konnte *Linde* 1875 seine erste verbesserte Kältemaschine konstruieren. Die Ausführung übernahm die Augsburger Maschinenfabrik (*Linde* wies mehrfach darauf hin, wie wichtig es für seine Arbeit war, daß der Maschinenbau zu jener Zeit entsprechende Kompressoren usw. zu bauen vermochte [vgl. 2; S. 9].) *Lindes* erste Kompressions-Kaltdampfmaschine arbeitete mit Methyläther als Arbeitsflüssigkeit, und ihr Wirkungsgrad war im Vergleich zu bisherigen Maschinen doppelt so hoch. Die nächsten, weiter verbesserten Konstruktionen, arbeiteten mit Ammoniak.
Auf der Grundlage seiner Kühlmaschine entwickelte *Linde* auch verbesserte Eismaschinen mit wesentlich höherer Kapazität. Es entstand nun die neue Aufgabe, die Kälte in der Praxis zweckmäßig einzusetzen. Neben den Bierbrauereien entstand Bedarf (z. T. zu jener Zeit bereits vorhanden, z. T. durch *Linde* und seine Mitarbeiter aufgezeigt und neu erschlossen) bei Fleischkühl- und Gefrieranlagen, Molkereien, Nahrungsmittelfabriken und in der chemischen Industrie. *Linde* konnte diese Aufgaben neben seiner Professorentätigkeit nicht mehr bewältigen. Anfang 1879 gab er sein Lehramt auf.
Im Jahre 1879 wurde in Wiesbaden die „Gesellschaft für Lindes Eismaschinen" als Aktiengesellschaft gegründet. *Linde* wurde Vorstandsvorsitzender, dem Aufsichtsrat gehörten u. a. an: *Karl Lang* (Generaldirektor rheinischer Brauereien), *Heinrich von Buz* (1833 bis 1918) (Direktor der Maschinenfabrik Augsburg/Nürnberg MAN), *Gustav Jung* (Direktor der Mainzer Aktienbierbrauerei), *Carl Sedlmayr* (Direktor der Spaten-Brauerei München), *Georg Krauß* (Direktor der Lokomotivfabrik Krauß & Co.). Bemerkenswert ist, daß *Linde* den Bau der Maschinen weiterhin im In- und Ausland renommierten Maschinenbaufirmen (wie der MAN) überließ — die Gesellschaft befaßte sich vornehmlich mit Konstruktion und Aufbau der Anlagen, war also praktisch eine Art Ingenieurbüro. Hauptabnehmer für *Lindes* Kältemaschinen war zunächst die Brauereiindustrie. So wurden bis 1890 an Bierbrauereien des Deutschen Reiches 513 Maschinen geliefert (ins Ausland 234). Vergleichsweise gingen im gleichen Zeitraum an Fleisch- und Kühlhäuser 34 Maschinen (ins Ausland 53), an Eisfabriken 30 (ins Ausland 43), an chemische Fabriken 18 Anlagen.
Linde hatte sich bemüht, eine Reihe ehemaliger Schüler als Mitarbeiter zu gewinnen und konnte sich dadurch recht gute Voraussetzungen für die weiteren Entwicklungsarbeiten sichern. Genannt seien hier nur *Rudolf Diesel* (1858 bis 1913) und *Lindes* späterer Nachfolger im Vorstand der Gesellschaft *Friedrich Schipper* (geb. 1849). Wettbewerbsprobleme mit anderen Kältemaschinenherstellern machten einen Vergleich der Leistungsfähigkeit verschiedener Maschinen wünschenswert, und mit Unterstützung des Münchener Polytechnischen Vereins baute *Linde* 1888 in München eine Kälteversuchsstation auf.
Da *Linde* das Problem der Kältemaschinen vom wissenschaftlich-technischen Standpunkt aus als grundsätzlich gelöst ansah, zogen ihn nun die inzwischen erfolgten Arbeiten zur Gasverflüssigung und zum Erreichen tiefster Temperaturen in ihren Bann. *Linde* beschloß, sich in der Kälteversuchsstation mit diesen Fragen zu



Modell der von Linde entwickelten Ammoniak-Kompressions-Kältemaschine

befassen, trat 1890 vom Vorstand der Gesellschaft zurück und zog wieder nach München. Finanziell war er jetzt „unabhängig", wirkte in Aufsichtsräten verschiedener Gesellschaften. Seine Vorlesungstätigkeit zur „Theorie der Kältemaschinen" an der Münchner Technischen Hochschule nahm er „nebenamtlich" wieder auf.

Die Verflüssigung von Sauerstoff, Stickstoff und anderer Gase war inzwischen in einigen physikalischen Laboratorien gelungen. Flüssige Gase waren aber in Wissenschaft und Technik erst einsetzbar, wenn größere Mengen zur Verfügung standen. An dieser Stelle setzten *Lindes* Arbeiten an. Er ging vom Prinzip der Kaltluftmaschinen aus, mit dem man bis etwa −60 °C kam, und beabsichtigte, mehrere aufeinanderfolgende Abkühlungen durchzuführen. Dabei sollte das abgekühlte Gas im Gegenstrom das nachfolgend zu expandierende vorkühlen. Diesen Gedanken hatte bereits 1857 Sir *William Siemens* (1823 bis 1883), der Bruder von *Werner v. Siemens* (1816 bis 1892) skizziert und 1885 *Ernest Solvay* (1838 bis 1922) in einem Patent festgehalten. Von besonderer Bedeutung war dabei die Ausnutzung des 1862 von *James Prescott Joule* (1818 bis 1889) und *Robert William Thomson* (1822 bis 1873) entdeckten Effekts der Temperaturänderung eines Gases durch adiabatische Entspannung beim Durchströmen einer Drossel. Auf dieser Grundlage ließ sich ein relativ leicht realisierbares technisches Verfahren begründen, und im Mai 1895 gelang *Linde* die Herstellung von etwa 3 l flüssiger Luft pro Stunde.

Nach diesem Erfolg stellte *Linde* auch hier sofort die Frage nach den technischen Möglichkeiten, die sich neu erschließen ließen. Zunächst konnte man nun in physikalischen Forschungslaboratorien ausreichende Mengen flüssiger Luft zur Verfügung stellen, um das Verhalten der Materie bei diesen Temperaturen zu erforschen. Zugleich ergab sich die Möglichkeit, bei Wiederverdampfung die einzelnen Bestandteile der Luft abzutrennen.

Die technisch-industrielle Verwertung dieser neuen Erfindung führte *Linde* wieder in engem Kontakt mit seiner Gesellschaft durch. 1901 wurde in Höllriegelskreuth bei München die sog. Abteilung B errichtet, die sich mit der Luftverflüssigung sowie Produktionen von Sauerstoff und Stickstoff befaßte.

Bei den weiteren Arbeiten hierzu (z. B. zum verbesserten Rektifikationsverfahren) wurden vor allem seine beiden Söhne *Friedrich* (geb. 1870) und *Richard Linde* (geb. 1876) sowie sein Schwiegersohn *Rudolf Wucherer* (geb. 1875) wirksam. Ein geeignetes Verfahren zur Wasserstoffproduktion entwickelte *Linde* 1906 im Zusammenwirken mit *Adolf Frank* (1834 bis 1916) und *Heinrich Caro* (1834 bis 1910) in Anlehnung an deren Zyanidverfahren durch Zerlegung von Wassergas.

Neben diesen bedeutenden wissenschaftlich-technischen Leistungen *Lindes* sind seine Aktivitäten zur gesellschaftlichen Anerkennung der Technikwissenschaften zu erwähnen. In diesem Sinne hat er in vielen technischen Vereinen gewirkt, vor allem im „Verein Deutscher Ingenieure" (mehrere Jahre war er hier als Vorstandsmitglied), im „Bayerischen Dampfkessel-Revisionsverein" und im 1908 gegründeten „Deutschen Kälteverein". Er gehörte seit 1895 dem Kuratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt an und wurde 1896 zum Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gewählt. *Linde* setzte sich im Zusammenwirken mit *Felix Klein* für die Entwicklung der technischen Physik ebenso ein, wie er das beginnende Flugwesen förderte. Neben *Oskar von Miller* (1855 bis 1934) zählt er zu den Begründern des Deutschen Museums in München, „... in welchem die historische Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung, der Technik und der Industrie dargestellt werden sollte". [4; S. 140]

Während des 1. Weltkrieges konnte die „Gesellschaft für Lindes Eismaschinen" vor allem durch ihre Abteilung B — Gasverflüssigung — nach anfänglichen Einbußen durch das fehlende Auslandsgeschäft gute Gewinne erzielen. Neben benötigten Kühl- und Gefrieranlagen bestand eine gesteigerte Nachfrage nach Sauerstoff zur autogenen Bearbeitung des Eisens sowie für die Kalkstickstoffgewinnung und nach dem Sprengstoff „Oxyliquit" (flüssiger Sauerstoff mit leicht brennbaren Substanzen vermischt).

Carl von Linde verstarb am 16. November 1934 in München. In den letzten Lebensjahrzehnten war er weiterhin in seinem geschäftlichen und öffentlichen Wirken aktiv.

Lebensdaten zu Carl von Linde

1842	Am 11. Juni in Berndorf (Oberfranken) geboren
1861 bis 1864	Studium am Polytechnikum in Zürich
1865	Angestellter in der Borsigschen Lokomotivfabrik Berlin
1866 bis 1868	Leiter des technischen Büros der Lokomotivfabrik Krauß & Co. in München
1868 bis 1879	Professor für Maschinenlehre am Polytechnikum in München
1870 bis 1871	Theorie der Kältemaschine
1875	Erste Lindesche Kältemaschine
1879 bis 1890	Vorstand der „Gesellschaft für Lindes Eismaschinen AG", Wiesbaden
1895	Erste Lindesche Luftverflüssigungsanlage
1901	Gründung der Abteilung B für Gasverflüssigung
1906	*Linde-Frank-Caro*-Verfahren
1934	Am 16. November in München verstorben

[1] *Kant, H.:* Auf dem Wege zur Tieftemperaturphysik. In: Physik in der Schule, Berlin **16** (1978) 9, S. 353—362.
[2] *Linde, C. v.:* Physik und Technik auf dem Wege zum absoluten Nullpunkt der Temperatur; Festrede vor der Königl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften vom 16. November 1912.
[3] *Linde, C. v.:* Aus der Geschichte der Kältetechnik. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Berlin **8** (1918). S. 1—34.
[4] *Linde, C. v.:* Aus meinem Leben und von meiner Arbeit. München 1916.
[5] *Lohmann, H.-D.:* Über das historische Wechselverhältnis zwischen Produktion und Kältephysikalischer Forschung. In: NTM, Leipzig **9** (1972) 2, S. 1—22.
[6] *Matschoß, C.:* Große Ingenieure. 4. Aufl., München 1954, S. 360—366.
[7] *Plank, R.:* Geschichte der Kälteerzeugung und Kälteanwendung. In: Handbuch der Kältetechnik. Hrsg. v. R. Plank, Band 1, Berlin (West), Göttingen, Heidelberg 1954.
[8] 50 Jahre Kältetechnik 1879—1929; Geschichte der Gesellschaft für Linde's Eismaschinen A.-G. Wiesbaden. Wiesbaden 1929.

Georg Berndt (1880 bis 1972)

Am 22. April 1880 wurde *Georg Berndt* als Sohn eines selbständigen Schlossermeisters in Grabow bei Stettin geboren. Die Eltern ließen ihrem einzigen Sohn eine humanistische Bildung angedeihen. Nach der Reifeprüfung 1898 wollte der junge *Georg Berndt* seiner Neigung entsprechend Naturwissenschaften studieren. Gegen den Willen seines Vaters begann er ein Physikstudium mit dem Nebenfach Mathematik in Halle-Wittenberg. Die Zustimmung des Vaters erhielt er nachträglich mit der Auflage, daß er finanzielle Zuwendungen nur bei besten Leistungen erhalten könne. Um dem Vater zu beweisen, daß er in der Wissenschaft mehr leisten könne als in einem Handwerkerberuf, führte dieser Leistungszwang — ein Stipendium erhielt *Berndt* nicht — zur Herausbildung solcher für das Leben *Berndts* typischer Eigenschaften und Verhaltensweisen, wie selbstlose Arbeitsdisziplin, Sparsamkeit, Einfachheit, Bescheidenheit und unermüdlicher Forscherdrang. Mit glänzendem Erfolg promovierte er bereits 1901 zum Dr. phil. mit dem Thema: „Über den Einfluß der Selbstinduktion auf die durch den Induktionsfunken erzeugten Metallspektra im Ultravioletten". Noch im gleichen Jahr unterzog er sich der Prüfung für das Höhere Lehramt.

Danach war *G. Berndt* bis 1904 am Physikalischen Institut der Hallenser Universität bzw. der Universität Breslau als wissenschaftlicher Assistent tätig. In Breslau habilitierte er sich 1903 mit dem Thema „Beiträge zur Kenntnis der Gasspektra". *Berndt* publizierte schon in diesen Jahren eifrig; unter der Vielzahl von Veröffentlichungen zu Problemen der Physik befaßte er sich in dem 1903 erschienenen Beitrag „Photometrische Messungen an Gasspektra" erstmals eingehender mit dem Begriff der Messung.

1904 wurde *Berndt* als Dozent für Physik und Vorstand des Physikalischen Laboratoriums an das Städtische Friedrich-Polytechnikum in Köthen berufen. Dieses

Georg Berndt

Polytechnikum entsprach dem Charakter einer heutigen Fachschule und bildete Ingenieure des Maschinenbaus, der Papierindustrie u. a. Richtungen aus.
Der preußisch-militante Geist und die provinzielle Enge dieser kleinstädtischen Bildungsanstalt konnten *Berndt* nicht für längere Zeit an das Polytechnikum binden. Deshalb bewarb er sich an der Staatlichen Institution für Höheres Lehramt in Buenos Aires, an welche er auch 1909 als Professor für Physik und Direktor des Physikalischen Instituts berufen wurde.
Während der Überfahrt nach Argentinien nahm *Berndt* Messungen über die Luftelektrizität auf dem Atlantischen Ozean vor, die er später in Argentinien fortsetzte. Ansonsten „büffelte" er spanisch, um in dieser Sprache die gleiche Perfektion zu erreichen, die er bereits im Französischen und Englischen hatte. Das vielseitige Interesse *Berndt*s an ökonomischen, kulturellen und pädagogischen Fragen entsprang seiner tiefen humanistischen Grundhaltung. Während seines Aufenthalts in Buenos Aires verfaßte er zahlreiche Lehrmaterialien und einen Artikel über die Ausbildung von Oberlehrern in naturwissenschaftlichen Fächern in Argentinien. Die klimatischen Verhältnisse in Argentinien beeinträchtigten die Gesundheit *Berndt*s und seiner Familie derart, daß er sich veranlaßt sah, 1912 nach Deutschland zurückzukehren.
1913 nahm *Berndt* bei der Optischen Anstalt *C. P. Goerz* in Berlin eine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Abteilungsvorsteher des physikalischen und mechanischen Laboratoriums auf. Gleichzeitig wirkte er als Privatdozent für Physik an der Technischen Hochschule Charlottenburg. Um trotz seines neuen Arbeitsfeldes nicht an wissenschaftlichem Hinterland zu verlieren, nahm er ziemlich regelmäßig an den Physikalischen Kolloquien in Berlin teil, wo er mehrfach mit *Albert Einstein* (1879 bis 1955), *Max Planck* (1858 bis 1947) und *Heinrich Rubens* (1865 bis 1920) in Berührung kam. In dieser Zeit, in der sich *Berndt* mit dem industriellen Meßwesen beschäftigte, vollzog sich sein Übergang vom Natur- zum Technikwissenschaftler. Er erkannte als guter Physiker die Mängel der damaligen industriellen Meßtechnik und stellte es sich als Lebensaufgabe, diese Mängel zu beseitigen und die Meßtechnik zu einer technikwissenschaftlichen Disziplin zu entwickeln. [2] Der

Einige Werke Berndts

Weg dahin wurde u. a. durch seine in den Jahren 1919/20 erschienenen Veröffentlichungen in der Zeitschrift „Der Betrieb" markiert, welche die Genauigkeit von Schraubenmikrometern, Normalendmaßen, Großmeßwerkzeugen und Rechenlehren behandelten.

Nach dem Konkurs der Fa. *Goerz* (1920) gelang es *Berndt*, in der Werkzeugmaschinen- und Meßzeugfabrik *Ludwig Loewe* in Berlin als Leiter des Meßlabors tätig zu werden. Hier wurde er bei der Herstellung von Gewinde-Werkzeugen und -lehren erstmals mit praktischen und theoretischen Problemen von Gewinden konfrontiert, welchen er sich mit der ihm eigenen Konsequenz widmete. Um die Bedeutung dieser Arbeit zu verstehen, muß man sich vergegenwärtigen, daß in der damaligen Industrie jeder Betrieb aus der Vielzahl vorhandener Gewindearten ein anderes Gewinde verwendete und mit selbstgefertigten Lehren arbeitete. Das führte dazu, daß bei einem nötig gewordenen Ersatz von Schrauben und Muttern ein Austausch praktisch unmöglich wurde. Deshalb richtete *Berndt* sein Hauptaugenmerk auf die Vereinheitlichung der Gewindetoleranzen und deren meßtechnische Erfassung. Intensiv arbeitete er in den Ausschüssen für Passungen und Meßwesen des 1917 gegründeten Normenausschusses der deutschen Industrie (NDI) mit, der sich später als Deutscher Normenausschuß (DNA) konstituierte.

*Berndt*s Bemühungen, die Einheit von Theorie und Praxis auf diesem Gebiet zu verwirklichen, gipfelten in der Erkenntnis, daß nur mit wissenschaftlicher Fundierung der Meßmittel und -verfahren und Einführung des wissenschaftlich betriebenen Austauschbaues die Wirtschaftlichkeit der Herstellung von Erzeugnissen immens steigen kann und sich damit zugleich Qualität und Zuverlässigkeit der Produkte erhöhen. Diese Aufgabe konnte in ihrer Größe weder von den bestehenden Prüflabors in den Betrieben noch an den vorhandenen technischen Bildungsanstalten im damaligen Deutschland bewältigt werden. Borniertheit und akademischer Dünkel dieser Kreise gegenüber nichttraditionellen Lehrfächern in den Technikwissenschaften führten zur Ablehnung der wiederholten Anträge *Berndt*s an die preußische Landesregierung, einen geeigneten Lehrstuhl an einer Hochschule einzurichten.

Mit Hilfe seiner Freunde im DNA erreichte *Berndt* schließlich, daß die weniger kurzsichtige Landesregierung in Sachsen einer Gründung des „Institutes für Meßtechnik und wissenschaftliche Grundlagen des Austauschbaus" (IMA) zustimmte, welches am 1. Oktober 1924 an der TH Dresden etabliert wurde. Dem neugegründeten Institut und seinem Leiter wurde ein einziger Raum, in welchem ein Schemel stand, bewilligt. *Berndt* kämpfte allen Schwierigkeiten zum Trotz weiter. In seiner Sparsamkeit war *Berndt* wachen Auges für alles, was seinem Vorhaben nützlich sein konnte. Einige Industriebetriebe bat er darum, zum Zwekke einer „Ausstellung" im Institut, vorhandene Meßwerkzeuge und -einrichtungen zeitweilig zur Verfügung zu stellen. Diese Exponate dienten den ersten Studenten als Lehr- und Lernmittel. [2] Die ersten wissenschaftlichen Ergebnisse seines Instituts stellten sich bald ein und fanden entsprechende Resonanz in der Industrie. Etwa um die Zeit, als sich *Berndt* der Begründung der Wissenschaft des Feinmeßwesens widmete, wurde im Zeisswerk Jena die Abteilung für Technische Feinmeßgeräte eingerichtet. Sie wurde von *Otto Eppenstein* (1876 bis 1942) geleitet, und es kamen verhältnismäßig vielfältige Längenmeßgeräte auf den Markt. Gemeinsam mit *Eppenstein* konzipierte und entwickelte *Berndt* Meßgeräte, die für den Austauschbau und die Qualitätssicherung eine enorme Rolle zu spielen begannen. Getreu seiner Maxime, daß die beste Theorie für die Praxis gut genug sei, pflegte *Berndt* die Zusammenarbeit mit *Eppenstein*, die sich im Laufe der Jahre zu einer festen Freundschaft entwickelte. Sie blieb auch nach 1933 erhalten, als *Eppenstein* im Sinne der faschistischen Gesetze als Volljude entwürdigenden Erniedrigungen ausgesetzt war. *Berndt* und *Eppenstein* gehören beide zu den Begründern des wissenschaftlichen Feinmeßgerätebaus in Jena. *Berndt* stellte darüber hinaus die entwickelten Geräte in Büchern und Aufsätzen vor, leitete Meßunsicherheiten ab und führte die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis ein. Für Lehre und Forschung hatte dies zudem den Vorzug, daß das Dresdener Institut (IMA) hauptsächlich mit Zeiss-Feinmeßgeräten ausgestattet werden konnte, was der Verwirklichung der Einheit von Wissenschaft und Praxis eine materielle Basis gab. Die wirtschaftliche Bedeutung der Normung und des Austauschbaues war nicht mehr zu übersehen. Bereits 1928 sparte die Wirtschaft in Deutschland dadurch 8,5 Mrd. Mark ein, und der Lagerbestand der Industrie in der Weimarer Republik konnte erheblich vermindert werden. Die Unternehmer der deutschen Metallindustrie profitierten davon erheblich; *Berndt* als geistiger Vater und einer der Hauptinitiatoren jedoch erhielt noch immer keine ordentliche Professur an der TH Dresden.

Als der deutsche Imperialismus die faschistische Diktatur als Herrschaftsform wählte, hatte das für die gesamte Wissenschaft negative Folgen, so auch für die TH Dresden. Die Studentenzahl ging auf mehr als die Hälfte zurück; für die Anschaffung von wissenschaftlichen Geräten wurden ab 1936 dem IMA pro Monat ganze 75 Mark bewilligt. *Berndt*, dessen weltanschauliche Grundhaltung hegelianisch-goethescher Prägung war, besaß den Mut, seine demokratische Gesinnung auch unter diesen Umständen zu vertreten.

Der Beginn des Aufbaus der antifaschistisch-demokratischen Ordnung in der damaligen sowjetischen Besatzungszone leitete zugleich die Erfüllung von *Berndt*s wissenschaftlichen und persönlichen Ziele ein. Mit einem für den bereits 67jährigen

Berndt-Bau der TU Dresden

beispiellosen Elan begann er mit seinen wenigen verbliebenen Mitarbeitern, die materiellen und geistigen Trümmer des Faschismus und des zweiten Weltkrieges zu beseitigen. In der Trümmerwüste Dresdens war auch das Gebäude des IMA teilweise zerstört. Die meisten Forschungsgeräte waren vernichtet oder verlorengegangen.

Nach mühevoller Aufbauarbeit konnten die ersten Prüfaufträge aus der Industrie sowie der Studentenbetrieb wieder durchgeführt werden [2].

Was *Berndt* 22 Jahre lang verwehrt wurde, vollzog die antifaschistisch-demokratische Umwälzung als eine der ersten Maßnahmen ihrer Wissenschaftspolitik. *Berndt* wurde 1946 zum ordentlichen Professor mit Lehrstuhl berufen. Maßgeblich war *Berndt* daran beteiligt, daß sich die Technische Hochschule Dresden zur Technischen Universität entwickeln konnte. Ebenso zielstrebig setzte er sich Ende der 50er Jahre für die Einrichtung der Institute für Längenmeßtechnik an der Hochschule für Maschinenbau (jetzt TH) Karl-Marx-Stadt, für betriebliches Meßwesen an der Hochschule für Schwermaschinenbau (jetzt TH) Magdeburg und für Allgemeine und Optische Meßtechnik an der Hochschule für Elektrotechnik (jetzt TH) Ilmenau ein, was durch die großzügige Förderung von Wissenschaft und Technik seitens des sozialistischen Staates auch möglich wurde.

*Berndt*s Vorlesungen und die von ihm eingerichteten Praktika ermöglichten es den Studenten der Technikwissenschaften, sich ein umfassendes theoretisches und solides praktisches Rüstzeug anzueignen. Die Vorlesungen *Berndt*s waren von hohem theoretischem Niveau und immer auf praktische Veränderungen orientiert. Seine große Wirksamkeit als Hochschullehrer erreichte er auch dadurch, daß er von tiefer Liebe gegenüber den Studenten und dem wissenschaftlichen Nachwuchs erfüllt war. In *Berndt* vereinigten sich wissenschaftliche Strenge, Geradlinigkeit bei der Verwirklichung seines humanistischen Auftrages und Glauben an die Selbstverwirklichung des Menschen in der neuen Zeit, Unduldsamkeit gegenüber Faulheit und wissenschaftlicher Scharlatanerie und väterliche Geduld gegenüber allen ernsthaft Suchenden. Seine reiche Allgemeinbildung, seine Sprach- und Sprechästhetik ließen das Zusammensein mit *Berndt* für jeden zur Bereicherung werden.

Mehr als dreißig Jahre war das bis zum Jahre 1955 von ihm geleitete Institut das einzige in der Welt. Das von *Berndt* geschaffene Modell für die Hochschulausbildung von Maschinenbauingenieuren und Meßtechnikern existiert in seinen Grundprinzipien noch heute und wurde auch von anderen Ländern übernommen. Nach seiner Emeritierung (1955) bis weit in die 60er Jahre blieb er mit dem IMA eng verbunden. Trotz seines starken Augenleidens nahm er rezeptiv bis zuletzt regen Anteil an der Entwicklung der von ihm begründeten Wissenschaftsdisziplin. *Berndt* vermochte auch noch einige Arbeiten zu vollenden bzw. als Mitautor verschiedener wissenschaftlicher Publikationen in Erscheinung zu treten. In der 1968 erschienenen Arbeit „Funktionstoleranz und Meßunsicherheit" wird der wissenschaftliche Nachweis der von *Berndt* bereits in den 20er Jahren formulierten „Goldenen Regel" der Fertigungsmeßtechnik erbracht, wonach die Meßunsicherheit beim Nachprüfen einer Toleranz höchstens $^1/_5$ dieser Toleranz betragen darf.

Mehr als 440 Veröffentlichungen in technikwissenschaftlichen und anderen Zeitschriften sowie 26 Bücher, die noch heute zu Standardwerken der Technikwissenschaften gehören, sind ein weiterer sichtbarer Ausdruck des bleibenden Lebenswerkes *Georg Berndt*s.

Ausdruck der bestaunenswerten Vielseitigkeit *Berndt*s war sein Interesse an Literatur und bildender Kunst. *Berndt* war ein exzellenter Goethekenner, der zu geeigneten Anlässen immer das richtige Goethewort fand. Wie wenigen Forschern war es *Berndt* auf seinem langen anstrengenden Weg in der Wissenschaft vergönnt, nicht nur ihre steilen, unwegsamen Pfade zu erklimmen, sondern sich auch des „Rundumblickens" auf ihrem Gipfel zu erfreuen. Das Lebenswerk *Berndt*s fand noch zu dessen Lebzeiten seine gebührende Würdigung durch zahlreiche nationale und internationale Anerkennungen. Für seine hervorragenden Verdienste um die wissenschaftliche Grundlagenforschung der Längenmeßtechnik, den Austauschbau und die Standardisierung wurde *Berndt* durch den sozialistischen Staat mit höchsten Auszeichnungen geehrt. Drei Grundfeste seines wissenschaftlichen Lebens bildeten eine dialektische Einheit: Forschung, Lehre, Praxis. Sie erfüllten ihn bis ins hohe Alter mit Elan, Eifer und Begeisterung. Seiner großen Erfahrung, seinem Arbeitsethos, seiner wissenschaftlichen Genauigkeit und hohen Pflichtauffassung ist es zu danken, daß die wissenschaftlichen Ergebnisse der Arbeiten *Georg Berndt*s in der gesamten Technik und Technikwissenschaft so überaus fruchtbringend wirksam wurden. *Berndt* zählt zu jenen Wissenschaftlern, die erfolgreich den Weg der Verwirklichung der Einheit von Natur- und Technikwissenschaften vorgezeichnet haben und damit zur Entstehung und Konsolidierung einer Reihe von technikwissenschaftlichen Disziplinen beitrugen.

Lebensdaten zu Georg Berndt

1880	Am 22. April in Grabow bei Stettin geboren
1898 bis 1901	Physikstudium und Promotion an der Universität Halle-Wittenberg
1900 bis 1904	Assistent an den Physikalischen Instituten der Universitäten Halle-Wittenberg und Breslau
1903	Habilitation in Breslau
1904 bis 1909	Dozent und Ordinarius der Physik am Polytechnikum in Köthen

1909 bis 1912	Professor für Physik und Direktor des Physikalischen Instituts an der Universität in Buenos Aires
1913 bis 1920	Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Optischen Anstalt C. P. Goerz Berlin sowie Privatdozent für Physik an der TH Charlottenburg
1920 bis 1924	Leiter des Meßlaboratoriums der Werkzeugmaschinen- und Meßzeugfabrik Ludwig Loewe Berlin
1924	Berufung als außerordentlicher Professor an die TH Dresden. Gründung des Instituts für Meßtechnik und wissenschaftliche Grundlagen des Austauschbaus (IMA)
1938	Mitbegründer der Arbeitsgemeinschaft für industrielle Meßtechnik
1946	Berufung zum Professor mit Lehrstuhl, Wiederaufbau des IMA
1953	Nationalpreis; Benennung des Institutsgebäudes als „Berndt-Bau"
1960	„Hervorragender Wissenschaftler des Volkes"
1961	Gründungsmitglied und Ernennung zum Ehrenmitglied des Vorstandes der Deutschen Gesellschaft für Automatisierung und Meßtechnik in der Kammer der Technik
1972	Am 2. August verstorben

Literaturverzeichnis zu Georg Berndt

[1] *Barghoorn, H.:* 25 Jahre Institut für Meßtechnik, TH Dresden. In: Die Technik, Berlin 4 (1949) 10, S. 458.

[2] *Berndt, G.:* Rede zur Feierstunde anläßlich des 40jährigen Bestehens des IMA am 1. 10. 1964, TU Dresden 1964.

[3] *Hultzsch, E.:* Leben und Wirken von Prof. Georg Berndt, Würdigung anläßlich seines 90. Geburtstages. In: Wiss. Zeitschrift der TU Dresden, 19 (1970) 6, S. 1479—1481.

[4] *Lotze, W.:* 50 Jahre Längenmeßtechnik und Austauschbau an der TU Dresden — Festvortrag zur Jubiläumsveranstaltung. In: Wiss. Zeitschrift der TU Dresden, 24 (1975) 1, S. 205—212.

[5] *Poggendorf, S. Ch.:* Bibliographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Naturwissenschaften. Band V (1925), Band VI (1936), Band VIIa (1956).

Eduard Maurer (1886 bis 1969)

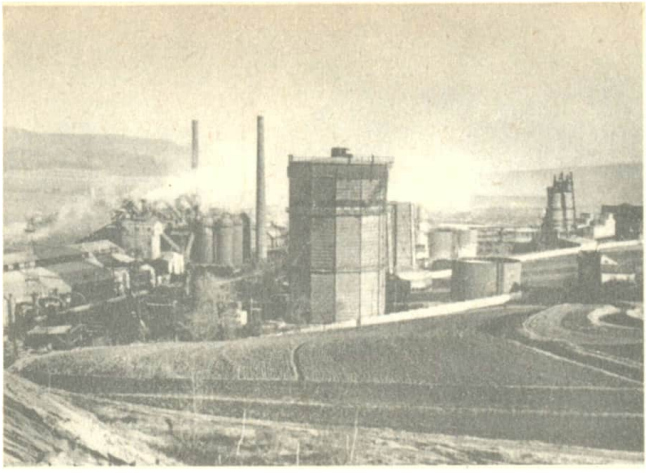
Eduard Maurer war ein auf dem Gebiet der Erzeugung und Verarbeitung der Eisenwerkstoffe international hochgeachteter Wissenschaftler und erfolgreicher Hochschullehrer, der sich als einer der ersten nach dem 2. Weltkrieg dem Aufbau der Eisenmetallurgie auf dem Gebiet der heutigen DDR zur Verfügung stellte.

Eduard Maurer wird am 3. November 1886 zu Königstein im Taunus geboren. 1890 siedelt seine Familie in das zweisprachige Luxemburg über. Hier besucht er die Primärschule und die Abteilung Industrieschule des Athenäum, wo er 1904 die Reifeprüfung erfolgreich ablegt. Sein Wunsch, Eisenhüttenmann zu werden, wird durch die nahe der Stadt liegenden Hüttenbetriebe geweckt. Ein Metallurgiestudium ist aus finanziellen Gründen nicht möglich. So beginnt *Maurer* das kürzere Chemiestudium an der TH Braunschweig. Ein von Luxemburg aus vergebenes staatliches

Eduard Maurer

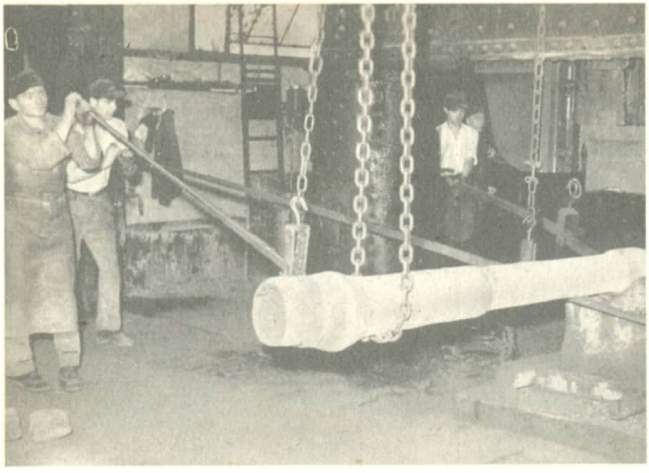
Stipendium ermöglicht ihm, zum Sommersemester 1905 an der TH Karlsruhe sein Studium fortzusetzen. Hier vervollkommnet er sein Wissen über die physikalische Chemie und Elektrochemie, so u. a. bei dem bekannten Chemiker *Fritz Haber* (1868 bis 1934). Die Diplomprüfung besteht *Maurer* 1907 mit Auszeichnung. Der in der luxemburgischen Schule erworbenen Französischkenntnisse wegen nimmt er ein Angebot wahr, wissenschaftlich an der Sorbonne in Paris zu arbeiten. Unter der Leitung von *Henry Le Chatelier* (1850 bis 1936) und *Floris Osmond* (1849 bis 1912) wendet *Maurer* sich der Metallkunde zu, die an der Sorbonne bereits einen hohen wissenschaftlichen Entwicklungsstand aufweist. Die Arbeitsergebnisse sind in *Maurers* 1908 an der TH Aachen bei *Fritz Wüst* (1860 bis 1938) verteidigten Dissertationsschrift „Untersuchungen über das Härten und Anlassen von Eisen und Stahl" zusammengefaßt. Die Arbeit ist eine der bedeutendsten auf dem Gebiet der Untersuchungen der Konstitution des Stahls.

Maurers Bewerbung bei der renommierten Gußstahlfabrik *Krupp* in Essen wird auf Grund seiner guten Leistungen positiv beantwortet. In den Jahren bis 1919 entwickelt *Maurer* in der *Krupp*schen Versuchsanstalt den Grundtyp der austenitischen nichtrostenden Stähle mit 18% Chrom- und 8% Nickelgehalt, die heute unentbehrlich für Apparate und Anlagen der chemischen und Lebensmittelindustrie sowie für medizinische Geräte sind. Das von einem Angestellten des Patentbüros daraufhin ausgearbeitete Patent, das nicht einmal den Namen des Erfinders nennt, sichert der Firma *Krupp* mit der Stahlmarke V2A Millionengeschäfte in der ganzen Welt. *Maurers* Pioniertat wird mit 5000,— RM abgegolten. Dieses Erlebnis veranlaßt ihn, die Versuchsanstalt zu verlassen und 1919 an das neu gegründete Kaiser-Wilhelm-Institut — das heutige Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf — zu gehen, das von *F. Wüst* aufgebaut wird, der gleichzeitig in Aachen das Eisenhüttenmännische Institut leitet. *Maurer* entwickelt seine klassische Härtetheorie, mit der er sich an der TH Aachen habilitiert. Nachdem er hier eine Dozentur erhalten hat, hält er Vorlesungen über Feuerungstechnik und Sonderstähle. Die in dieser neuen Etappe seines Lebens begonnene Lehrtätigkeit wird ihm bis ins hohe Alter ein wichtiges Anliegen sein.



Maxhütte
Unterwellenborn

1922 gelingt es der Firma *Krupp* den nunmehr bekannten Fachmann noch einmal für drei Jahre an ihre Versuchsanstalt zu bekommen. Unter guten Arbeitsbedingungen werden Untersuchungen geführt, die in der Formulierung des weltbekannten *Maurer*schen Gußeisendiagramms gipfeln. Auf dessen Grundlage ist es möglich, Gußeisen zu erschmelzen, dessen Festigkeit an die des Stahls heranreicht.
1925 folgt *Maurer* einer Berufung auf den Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde an die Bergakademie Freiberg. Er erhält die Möglichkeit, unter finanzieller Beteiligung des sächsischen Finanzministeriums und des „Vereins Deutscher Eisenhüttenleute" das 1930 eingeweihte „Neue Eisenhütteninstitut" aufzubauen, das über Jahrzehnte als Vorbild für gleichgeartete Hochschulinstitute gilt. *Maurer* bricht mit der bis dahin üblichen technologischen sowie konstruktiven Ausbildung der Studenten des Eisenhüttenwesens und führt ein stärker auf experimentelles Arbeiten ausgerichtetes Studium ein. Sowohl in der Lehre als auch in der Forschung wird dabei von *Maurer* die physikalische Chemie zur Deutung und zur Weiterentwicklung metallurgischer Erkenntnisse intensiv genutzt. Doch die sehr umfangreichen wissenschaftlichen Forschungsaufgaben sind mit den bereitgestellten Mitteln nicht realisierbar, und oft stellt *Maurer* selbstlos private Geldmittel zur Aufrechterhaltung dringender Arbeiten zur Verfügung. Seine Untersuchungen zur Entwicklung des Schrott-Kohle-Verfahrens im basischen Siemens-Martin-Ofen ermöglichen die Herstellung von Qualitätsstahl. Die Einführung dieser Technologie in dem zum *Flick*-Konzern gehörenden Stahlwerk Gröditz verhindert während der Weltwirtschaftskrise 1931 die Entlassung von 1000 Arbeitern und Angestellten.
Nach dem 2. Weltkrieg arbeitet *Maurer* zunächst als Forschungsprofessor im Büro des Ministeriums für Schwarzmetallurgie der UdSSR in Freiberg. Trotz mehrfacher lukrativer Angebote kapitalistischer Stahlfirmen des Ruhrgebietes entscheidet er sich, sein Wissen und seine Erfahrungen dem Aufbau der Eisenmetallurgie der jungen DDR zur Verfügung zu stellen. Er besitzt 1948 entscheidenden Anteil an der Sicherung der Qualität und Quantität der Thomasstahlerzeugung im Eisenhüttenwerk Maxhütte, setzt sich 1950 mit seiner ganzen Kraft für den Wiederaufbau des Gröditzer Stahlwerkes ein und gewährleistet bereits mit seinen damaligen

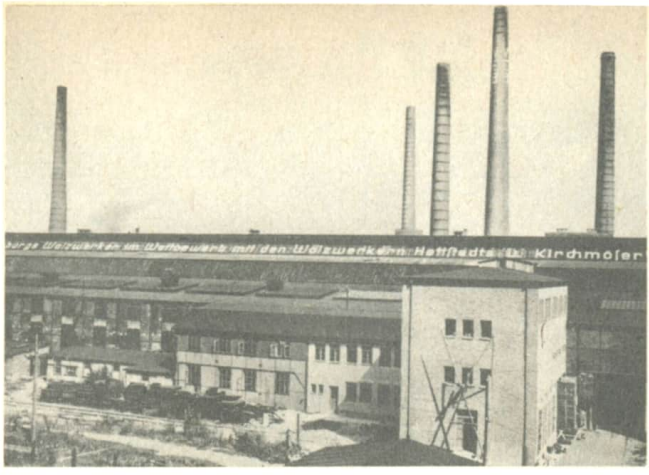


Schmieden eines Wellenrohlings mit einem Maschinenhammer im VEB Stahl- und Walzwerk Gröditz

Vorschlägen zur Projektierung, daß dieser Betrieb heute zur modernsten Großschmiede der DDR geworden ist. *Maurer* deckt 1954/55 die Ursachen von Qualitätsmängeln bei der Herstellung des Hochbaustahles St 52 auf, die in den Grobblechwalzwerken Ilsenburg und Kirchmöser zu beträchtlichen Produktionsausfällen geführt hatten. Er erkennt, daß die Qualitätssicherung bei der Produktion großer Schmiedestücke exakte Prüf- und Abnahmevorschriften verlangt, und setzt diese mit der Ausarbeitung entsprechender TGL-Blätter durch. Trotz seiner fast 70 Jahre steht er zur Überwachung der metallurgischen Prozesse auf der Ofenbühne, in der Gießgrube oder neben dem Schmiedeaggregat, um den ordnungsgemäßen Ablauf der von ihm konzipierten Versuche zu überwachen, die Ergebnisse sofort auszuwerten. *Maurer* hat zu den an den Untersuchungen beteiligten Produktionsarbeitern und Betriebsingenieuren ein beispielshaftes Vertrauensverhältnis, das letztlich eine entscheidende Grundlage für den wissenschaftlichen Erfolg aller seiner Arbeiten ist.

Die aktive Verbindung zu den wieder- oder neuentstehenden metallurgischen Betrieben war Anlaß, *Maurer* 1950 mit der Leitung des aufzubauenden Eisenforschungsinstituts Hennigsdorf zu betrauen. Ein Jahr später erfolgt seine Berufung auf den neu eingerichteten Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde an die Humboldt-Universität Berlin, der den dringend erforderlichen wissenschaftlich-technischen Nachwuchs zum Aufbau der Eisenmetallurgie der DDR sichern soll. Durch *Maurer* und unter seiner Leitung werden bis 1958 etwa 100 Eisenhüttenleute ausgebildet. *Maurers* wissenschaftlicher Arbeitsstil, sein Leitmotiv — die Synthese von Wissenschaft und Praxis — hat maßgeblich zur Formung dieser Fachkader der jungen DDR beigetragen, die einen großen Anteil an der Schaffung der metallurgischen Basis der DDR-Volkswirtschaft haben.

Maurers wissenschaftliche Leistung findet ihren Ausdruck in über 100 Veröffentlichungen, die nahezu alle Probleme der Eisenerzeugung, -verarbeitung und -verwendung behandeln und noch heute von Bedeutung sind. Auf metallurgischem Gebiet sind es vor allem Untersuchungen über die physikalisch-chemischen Reaktionen des Mangans, Schwefels und Phosphors bei der Stahlerzeugung sowie über



VEB Kupfer- und Blechwalzwerk Ilsenburg

die Schmelz- und Gießbedingungen bei der Herstellung legierter Stähle im basischen Siemens-Martin- bzw. Elektroofen. Dabei werden die für den Praktiker wesentlichen Bedingungen zur Verminderung der nichtmetallischen Einschlüsse im Gußblock herausgearbeitet, um dadurch die Fertigung hochwertiger Schmiedestücke zu sichern. Bereits damals weist *Maurer* in prognostischer Einschätzung auf die Vakuummetallurgie hin, um eine hohe Qualität bei großen Schmiedestücken, wie Kurbelwellen, Induktorwellen zu sichern.

Maurer hat das eindeutige Verdienst, erstmalig eine umfassende Deutung der Vorgänge beim Härten und Anlassen von Stählen gegeben zu haben. Er entwickelte, basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen seines Aufenthaltes an der Sorbonne, die Wärmebehandlung der korrosionsbeständigen Chrom-Nickel-Stähle. Zur Deutung von Erkenntnissen dieser Forschungsarbeiten und betriebspraktischer Erfahrungen auf dem Gebiet der Wärmebehandlung befassen sich mehrere Arbeiten mit den magnetischen, thermischen und elektrochemischen Eigenschaften von Stählen, mit der Isolierung und analytischen Bestimmung von nichtmetallischen Einschlüssen und Karbiden in Stählen.

Zahlreiche eigene, aber auch von *Maurer* initiierte Arbeiten sind dem Problem der Entstehung und Vermeidung von Eigenspannungen in großen Stahlkörpern gewidmet, wie noch seine letzte Veröffentlichung (1967) zeigt. Dabei beweisen gerade diese und die dazu vorangegangenen Arbeiten die besondere Fähigkeit *Maurers*, durch kritische Durchsicht und Auswertung vorliegender experimenteller Ergebnisse bzw. vorhandener Theorien zu neuen, fundamentalen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu gelangen.

Für seine Verdienste bei der Entwicklung des Eisenhüttenwesens ist *Maurer* vielfach geehrt worden. So erhält er 1950 und 1954 für die Hebung der Qualität der Stähle den Nationalpreis, die höchste Auszeichnung eines Wissenschaftlers unserer Republik. 1951 wählt die Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin *Maurer* zu ihrem ordentlichen Mitglied. 1956 verleiht ihm die Gesellschaft Deutscher Berg- und Hüttenleute die Ehrenmitgliedschaft, und er erhält wenige Wochen später die hohe staatliche Auszeichnung „Hervorragender Wissenschaftler des Volkes".

Maurer ist Ehrendoktor der TH Aachen und der Humboldt-Universität zu Berlin. Auch nach seiner Emeritierung stellt *Maurer* bis zu seinem Tode am 21. Februar 1969 sein umfangreiches Wissen und seine vielfältigen, wertvollen Erfahrungen der Volkswirtschaft der DDR zur Verfügung. Er vertraut dabei stets der schöpferischen Kraft des Kollektivs, aber wußte diese auch durch das eigene Vorbild zu wecken. *Maurers* wissenschaftliche Lehr- und Forschungsarbeit ist oft genug unter widrigen Umständen verwirklicht worden. Seine Fähigkeit, neue Erkenntnisse auf exakter wissenschaftlicher Grundlage — deshalb durchaus nicht mit hohen materiellen Aufwendungen, dafür aber stets mit größtmöglicher Gewissenhaftigkeit — zu gewinnen und diese unmittelbar ihrer praktischen Verwendung in der Produktion zuzuführen, ist beispielgebend bis in unsere Tage geblieben. Mit seiner Einsatzbereitschaft und Verantwortungsfreudigkeit ist er ein Vorbild für unsere junge Generation.

Lebensdaten zu Eduard Maurer

1886	Am 3. November in Königstein (Taunus) geboren
1904	Abitur und Aufnahme eines Chemie-Studiums an der TH Braunschweig
1905 bis 1908	Fortsetzung des Studiums an der TH Karlsruhe und an der Sorbonne in Paris
1909	Promotion zum Dr.-Ing. an der TH Aachen
1909 bis 1919	Mitarbeiter in der chemisch-physikalischen Versuchsanstalt der Fa. F. Krupp AG Essen
1919	Habilitation und Privatdozentur an der TH Aachen
1919 bis 1922	Leiter der chemischen, metallographischen und metallurgischen Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Eisenforschung
1922 bis 1925	Leiter der Versuchsanstalt der Fa. F. Krupp AG Essen
1925 bis 1945	Ord. Professor für Eisenhüttenkunde an der Bergakademie Freiberg (Sa.)
1946 bis 1948	Leiter des Technischen Büros des Ministeriums für Schwarzmetallurgie der UdSSR in Freiberg (Sa.)
1950 bis 1960	Direktor des Eisen-Forschungsinstituts in Hennigsdorf
1951	Berufung auf den neu gegründeten Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde an der Humboldt-Universität zu Berlin
1969	Am 21. Februar in Warnemünde verstorben

Literaturverzeichnis zu Eduard Maurer

[1] *Maurer, E.:* Untersuchungen über das Härten und Anlassen von Eisen und Stahl. In: Metallurgie, Halle 6 (1909) S. 31—52.

[2] *Strauß, B., E. Maurer:* Die hochlegierten Chrom-Nickel-Stähle als nichtrostende Stähle. In: Krupp'sche Monatshefte, Essen 1 (1920), S. 129—146.

[3] *Maurer, E.:* Über ein Gußeisendiagramm. In: Krupp'sche Monatshefte, Essen 5 (1924) S. 115—122.

[4] *Maurer, E., K. Schroeter:* Die Bestimmung des Austenitgehalts durch Messung des magnetischen Sättigungswertes und die Vorgänge beim Anlassen gehärteter Stähle. In: Stahl und Eisen, Düsseldorf 49 (1929), S. 929—940.

[5] *Maurer, E., W. Bischof:* Das Mangan-Gleichgewicht bei der Stahlerzeugung im Siemens-Martin-Ofen und seine praktische Anwendung. In: Arch. Eisenhüttenwesen, Düsseldorf 5 (1931/32) S. 549—557.
[6] *Maurer, E.:* Stand der praktischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse zur metallurgischen Qualitätsbeherrschung des Massenstahls. In: Die Technik, Berlin 5 (1950) 10 S. 499—514.
[7] *Maurer, E.:* 50 Jahre wissenschaftliche Stahlhärtung. Abhandl. der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Kl. für technische Wissenschaften 1952, Nr. 1.
[8] *Maurer, E.:* Gedanken eines Stahlmetallurgen zum derzeitigen Stand der Wellen für zwei- und vierpolige Großturbogeneratoren bis 1000 MW. In: Neue Hütte, Leipzig 12 (1967) 4, S. 215—219.
[9] *Bischof, W.:* Die wissenschaftlichen Arbeiten von Prof. Dr. Ing. habil. Eduard Maurer auf dem Stahlgebiet. In: Neue Hütte, Leipzig 4 (1959) 5, S. 258—266.

Ernst Schiebold (1894 bis 1963)

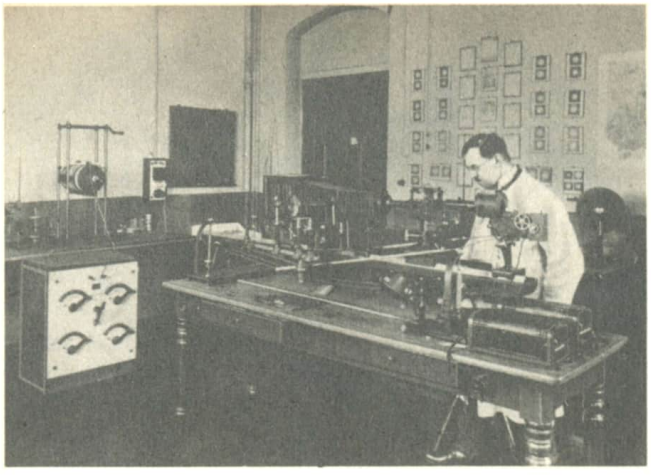
Ernst Schiebold wurde am 9. Juni 1894 als Sohn eines Polizeibeamten in Leipzig geboren. Am dortigen Nikolai-Gymnasium erwarb er 1913 das Reifezeugnis. Im gleichen Jahr nahm er das Studium an der Universität Leipzig auf. Er belegte die Fächer Mathematik, Chemie, Physik, Mineralogie sowie Geologie. Am 27. Juni 1918 promovierte *Schiebold*. Im Februar 1920 legte er das Staatsexamen für das höhere Lehramt in den Fächern Reine Mathematik, Physik, Mineralogie, Geologie ab.
Um die Jahrhundertwende war über die Natur der von *Wilhelm Conrad Röntgen* (1845 bis 1923) 1895 entdeckten Strahlung noch sehr wenig bekannt, obwohl bereits viele praktische Anwendungsbeispiele publiziert waren. Im Jahre 1905 wurde von *Charles Glover Barkla* (1877 bis 1944) die Polarisation der Röntgenstrahlung gefunden. 1912 schlug *Max von Laue* (1879 bis 1960) in München vor, die vermutete Wellennatur der Röntgenstrahlung durch Beugung an Kristallen, bei denen schon früher ein Gitter-Aufbau vermutet wurde, nachzuweisen. Er entwickelte eine geometrische oder kinematische Theorie der Interferenzen am Kristallgitter. Die Entdeckung solcher Interferenzen 1912 durch *Walter Friedrich* (1883 bis 1968), *Paul Knipping* (1883 bis 1935) und *M. v. Laue* brachte einerseits den Beweis für die Wellennatur der Röntgenstrahlung, andererseits erhärtete sie die Vorstellung vom Gitteraufbau der Materie. Diese Entdeckung leitete eine überaus fruchtbare Entwicklung der Strukturforschung und Materialprüfung ein. Für die Anwendung von Röntgenstrahlen kennzeichnend ist dabei ihre verhältnismäßig große Durchdringungsfähigkeit. Röntgenstrahlen können auch in tiefe, von Oberflächeneffekten freie Kristallschichten vordringen. 1913 gaben *Sir William Henry Bragg* (1862 bis 1942) und *Sir William Lawrence Bragg* (1890 bis 1971) Möglichkeiten zur Strukturforschung mittels Röntgenstrahlung an (Drehkristallmethode). Im Jahre 1916 entwickelten *Peter Joseph Wilhelm Debye* (1884 bis 1966) und *Paul Scherrer* (1890 bis 1969) ein röntgenographisches Aufnahmeverfahren (Methode der Kristallpulveruntersuchung).
Während seiner Studienzeit hörte *E. Schiebold* erstmals von diesen Arbeiten, die einen nachhaltigen Eindruck auf ihn ausübten. Unterstützt und stark gefördert von

Ernst Schiebold

seinem Lehrer *Friedrich Rinne* (1863 bis 1933) widmete sich *Schiebold* von nun an röntgenographischen Untersuchungen über die Struktur der Materie, wobei er den Standpunkt des atomaren Aufbaus der Materie vertrat. *Schiebold* entwickelte in seiner Dissertation 1918 eine quantitative Methode zur Auswertung von *Laue*-Diagrammen. Dabei konnte er zeigen, daß man damit auf unabhängigem Wege zu der von *W. H. Bragg* früher abgeleiteten Struktur des Feldspates kommt. Diese Erkenntnisse waren eine weitere Stütze für die Modellvorstellung vom atomaren Aufbau der Materie. Von 1918 bis 1922 arbeitete *Schiebold* als Assistent im Mineralogischen Institut der Universität Leipzig bei *F. Rinne*. Während dieser Zeit erwarb er sich gründliche Kenntnisse in der praktischen Mineralienkunde, wurde mit den Hilfsmitteln der mineralogischen und kristallographischen Forschung vertraut und verschaffte sich petrographische und geologische Spezialkenntnisse. Die röntgenographischen Studien wendete er bewußt auf kristallographische Probleme an. Besonders arbeitete *Schiebold* über den Feinbau der Feldspatmineralien und seine Beziehungen zur Morphologie und physikalischen Eigenschaften. Das von ihm — und gleichzeitig unabhängig in ähnlicher Weise von *F. Sauter* (geb. 1906) — entwickelte spezielle röntgenographische Verfahren fand als *Schiebold-Sauter*-Verfahren Eingang in die wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden. Bei dieser Methode ist der Film eine Kreisscheibe, die sich synchron mit dem Kristall um ihren Mittelpunkt dreht; die Filmscheibe ist nicht eben, sondern durch Anlegen an den Zylinder der Schichtlinienblende gekrümmt, auf dem sie gleitet. Schiebold entwickelte die für dieses Verfahren benötigten speziellen Geräte.

Auf dem Gebiet der Kristallstrukturlehre gab *E. Schiebold* erstmalig eine Herleitung der kristallographischen Baugruppen mit Hilfe anschaulicher Projektionsbilder, die später ohne wesentliche Änderungen in das internationale Tabellenwerk aufgenommen wurden.

Seine Untersuchungen über die Spaltbarkeit, die Gleitflächen sowie über die Zwillingsverschiebung führten *Schiebold* auf metallkundliche Anwendungen. Er war bemüht, zwischen der angewandten Kristallographie und der Metallkunde eine Brücke zu schlagen.

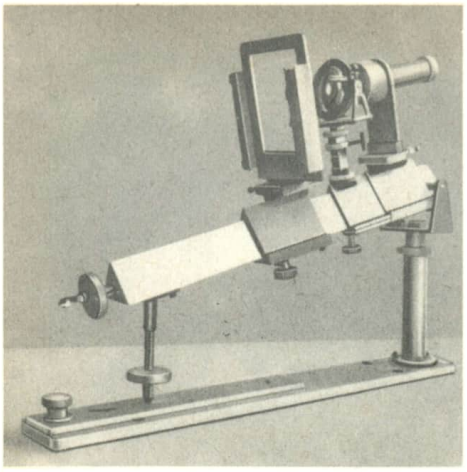


Schiebold bei experimentellen Arbeiten (1926)

Im Jahre 1922 übernahm *Ernst Schiebold* die Abteilung angewandte Physik am Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin. Mit großem Erfolg setzte er hier die Röntgen-Feinstruktur-Untersuchungen als neuzeitliche Untersuchungsmittel in der Metallkunde ein und brachte es zur allgemeinen Anerkennung. Besonderes Interesse widmete er dem Zusammenhang zwischen Besetzungsdichte und Art der Netzebenen, der für die plastische Verformung von Aluminium, Kupfer, Zink u. a. von großer Bedeutung ist. Während diese Untersuchungen bisher hauptsächlich an Einzelkristallen vorgenommen wurden, untersuchte Schiebold dagegen die gegenseitige Wechselwirkung der Kristalle im Kornverband und gelangte dabei zu wichtigen Erkenntnissen für die industrielle Anwendung.

Im Jahre 1926 wurde *Ernst Schiebold* als planmäßiger außerordentlicher Professor für physikalisch-chemische Mineralogie, Petrographie und Feinstruktur-Lehre an die Universität Leipzig berufen. Der Lehrauftrag wurde später auf technische Röntgenkunde erweitert, ein Gebiet, das *Schiebold* bis zu seinem Lebensende sehr stark interessierte und das von ihm wertvolle Impulse erhalten hat. *Schiebold* war mit 32 Jahren der damals jüngste Professor in Leipzig. Er bemühte sich hier, das im Laufe der Jahrzehnte angehäufte Material der beschreibenden Kristallographie einer feinbaulichen Deutung zugänglich zu machen und den Zusammenhang der Kristallstruktur mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften zu erforschen. *Schiebold* erwarb sich dabei solchen internationalen Ruf, daß viele Doktoranden aus vielen Ländern (u. a. Italien, Spanien, Frankreich, Rumänien, Indien, China, USA) zu ihm nach Leipzig kamen, um mit den neuesten Kenntnissen der Feinstruktur-Lehre theoretisch und praktisch vertraut zu werden. In der Sowjetunion wurden seine Arbeiten infolge wissenschaftlicher Kontakte zum Moskauer Institut für angewandte Kristallografie in Lehrbüchern dargestellt und gewürdigt. 1928 übernahm *Ernst Schiebold* die Leitung des Mineralogischen Instituts der Universität Leipzig.

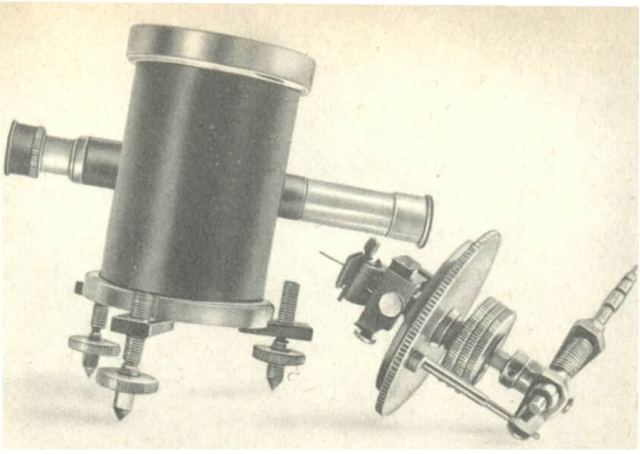
Ohne die Röntgenprüfung wäre die ausgedehnte Anwendung der Schweißtechnik im Brücken- und Behälterbau usw. nicht möglich gewesen. *Schiebold* erkannte, welche Bedeutung der radiologischen Makrostrukturprüfung hierfür zukommt. Er



Laue-Apparatur
mit Korrigiertisch
nach Schiebold

war einer der Initiatoren, die den ersten Hochschulkursus über „Die Röntgentechnik in der Materialprüfung" im Herbst 1929 an der TH Berlin förderten, auf dem dieses Gebiet erstmalig als Sonderbereich selbständig behandelt wurde. Der Erfolg dieses Kurses ermutigte zu weiteren Tagungen und zur Durchführung gemeinsamer Forschungsprogramme, an denen sich *E. Schiebold* tatkräftig beteiligte. Das Ziel der zerstörungsfreien Prüfung auf Fehler ist, das Innere von Werkstücken oder ihrer Verbindungen bis zu einem gewissen Grade auf seine Makrostruktur hin zu untersuchen. Solche Prüfungen sind erforderlich, wenn innere Fehler die Betriebssicherheit einer Konstruktion unzulässig gefährden oder unwirtschaftliche Bearbeitungskosten verursachen. Die radiologische Prüfung gestattet, verdeckte Fehler nach ihrer Art, Größe und Lage zu bestimmen. Die Frage nach der Erkennbarkeit einzelner Fehler, ihre Klassifikation und Bewertung wurde zum zentralen Problem. Hier hat *E. Schiebold* durch ausführliche und systematische Untersuchungen am Prüfobjekt wesentlich zur Einführung dieses Verfahrens in die industrielle Praxis beigetragen. Die Bildauflösung technischer Röntgenfilme, hervorgerufen durch Bildschärfe und Bildkontrast sowie die Aufnahmetechniken, standen dabei im Vordergrund des Interesses. Die Ergebnisse wurden auf einer Reihe von Tagungen vorgetragen und sind von 1930 bis 1938 durch *John Emil Eggert* (1891 bis 1973) und *Ernst Schiebold* in den „Ergebnissen der technischen Röntgenkunde" (Band 1 bis 6) veröffentlicht worden.

Seit dem Frühjahr 1935 führte *Schiebold* planmäßig röntgenologische Untersuchungen für die mitteldeutsche Industrie durch. In den folgenden Jahren setzte er all seine Erfahrungen und seine Tatkraft ein, die Anwendungsmöglichkeiten des Prüfverfahrens zu erweitern und allgemein bekannt zu machen, um eine staatliche Anerkennung und Zulassung zu erreichen. Er wurde damit zu einem der Pioniere auf dem Gebiet der radiologischen Materialprüfung. Im Jahre 1941 wurde *Schiebold* zum Professor für technische Röntgenkunde und zerstörungsfreie Werkstoffprüfung an die TH Dresden berufen und gleichzeitig zum Leiter der Abteilung Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung des neu errichteten Versuchs- und Materialprüfamtes ernannt. In Leipzig wurde mit Unterstützung der Stadt Leipzig und der Industrie ein weiteres



Debye-Scherrer- und Schichtlinienkamera mit Justiervorrichtung nach Schiebold

Institut für Röntgenologische Roh- und Werkstofforschung eingerichtet, dessen Leitung ebenfalls *E. Schiebold* übertragen wurde. Ein großer Teil der wertvollen Geräte wurde *Schiebold* von den Herstellerfirmen als Geschenk bzw. als Dauerleihgaben überlassen. Aus den Trümmern der 1943 zerstörten Institute sammelte *Schiebold* die Reste der Apparaturen und baute sie wieder zu funktionstüchtigen Geräten zusammen, mit denen er nach Kriegsende seine Arbeiten fortführte.

In den ersten Jahren des Wiederaufbaus half *Ernst Schiebold* durch umfangreiche röntgenologische Untersuchungen schweißtechnischer Art bei der Wiederinstandsetzung von Kesselanlagen und Rohrleitungen der chemischen Industrie, damit die Produktion wieder aufgenommen werden konnte. Von 1946 bis 1948 arbeitete *Schiebold* für die Sowjetische Militär-Administration und für SAG-Betriebe. Er war als Hauptreferent in der wissenschaflich-technischen Abteilung des Ministeriums für Baumaterialien der UdSSR in Leipzig tätig und mit Strukturuntersuchungen an Asbesten und der Suche nach Austauschstoffen für Asbeste beschäftigt.

Im Jahre 1949 übernahm *Ernst Schiebold* die Leitung der Physikalischen Abteilung des Eisenforschungs-Instituts der DDR in Hennigsdorf. Aus dieser Zeit stammt die persönliche Bekanntschaft und Zusammenarbeit mit *Eduard Maurer* (1886 bis 1969).

1951 übernahm *Schiebold* die Leitung der Forschungsstelle „Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung" des Deutschen Amtes für Material- und Warenprüfung in Leipzig. Seit dieser Zeit wird die zerstörungsfreie Prüfung sein Hauptbetätigungsfeld, auf dem er bis zu seinem Lebensende intensiv gearbeitet hat.

1954 folgte *Ernst Schiebold* dem Ruf als Professor für Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung an die damalige neugegründete Hochschule für Schwermaschinenbau Magdeburg. Hier entstand nach seinen Angaben ein Institut, das sein besonderes Gepräge durch die Betonung der zerstörungsfreien Prüfung erhalten hat. Hier wurden die Gebiete der röntgenologischen Grobstruktur, der röntgenologischen Spannungsmessungen, der Ultraschall-Materialprüfung und der magnetischen Verfahren in Lehre und Forschung besonders intensiv behandelt. Dieses Institut wurde zum Zentrum der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung in der DDR. Das gilt für die Ausbildung, die Weiterbildung in kurzzeitigen Kursen und das postgraduale Studium

ebenso wie für die Forschung.
In der Erkenntnis, daß Erfahrungsaustausch eine sehr wirksame Methode der Wissensvermittlung ist, rief *Ernst Schiebold* die Werkstoffprüfer-Tagungen ins Leben, deren ersten drei er selbst noch vorstand. *Schiebold* erreichte dabei nicht nur durch sein hohes Fachwissen, sondern auch durch seine Persönlichkeitswirkung, daß sich binnen kurzer Zeit in allen Teilen der DDR Gruppen von Fachkollegen zusammenfanden und die Probleme der Werkstoffprüfung aufgriffen.
Als Vorsitzender des Fachausschusses Werkstoffprüfung der KDT veranlaßte *Ernst Schiebold*, daß Kurse auf fast allen Teilgebieten der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung eingerichtet wurden, um den Bedarf an gut ausgebildeten Fachkräften für die Industrie zu sichern. 1958 erhielt *Ernst Schiebold* den Nationalpreis für Wissenschaft und Technik der DDR, 1960 wurde er Ehrensenator der Technischen Hochschule Magdeburg. Aktiv war er im Kulturbund der DDR, besonders als Vorsitzender des Klubs „Otto von Guericke" (seit 1959) tätig. Hochgeehrt und vielfach ausgezeichnet starb *Ernst Schiebold* am 4. Juni 1963 in Magdeburg.
Ernst Schiebold hatte es immer verstanden, Theorie und Praxis miteinander zu verbinden; für ihn war die Praxis stets der Prüfstein für die Theorie. Von einer einheitlichen Grundauffassung aus pflegte er die Beziehungen zu den anderen Zweigen der Natur- und Technikwissenschaften und erzielte dadurch wesentliche Fortschritte auf seinem speziellen Arbeitsgebiet.

Lebensdaten zu Ernst Schiebold

1894	Am 9. Juni in Leipzig geboren
1913 bis 1918	Studium an der Universität Leipzig; Promotion zum Dr. phil.
1922	Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung in Neubabelsberg; Aufbau und Leitung des Röntgenlabors
1926 bis 1941	Planmäßiger außerordentlicher Professor für physikalisch-chemische Mineralogie, Petrographie und Feinbaulehre, Universität Leipzig
1929	Mitbegründer der „Deutschen Gesellschaft für technische Röntgenkunde"
1941 bis 1945	Planmäßiger Professor für technische Röntgenkunde und zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, TH Dresden. Leiter des Instituts für röntgenologische Roh- und Werkstofforschung in Leipzig
1948 bis 1956	Vorsitzender des Fachausschusses Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung der Kammer der Technik (KDT)
1949	Leiter der physikalischen Abteilung im Eisenforschungsinstitut Hennigsdorf
1951	Leiter der Forschungsstelle „Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung" am Deutschen Amt für Material- und Warenprüfung, Zweigstelle Leipzig
1954 bis 1963	Professor mit Lehrstuhl und Direktor des Instituts für Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung an der Hochschule für Schwermaschinenbau Magdeburg
1956 bis 1963	1. Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses Werkstoffprüfung der KDT
1963	4. Juni, *Ernst Schiebold* stirbt in Magdeburg

[1] *Schiebold, E.:* Die Verwendung der Laue-Diagramme zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates. In: Abhandl. d. Sächs. Akad. d. Wissenschaften, Leipzig 36 (1920) S. 65—213.
[2] *Schiebold, E.:* Auswertung von Debye-Scherrer-Diagrammen und photographische Spektralverfahren unter Drehung des Kristalls. In: F. Rinne: Kristallographische Formenlehre. 3. Aufl., Leipzig 1919, S. 98—200.
[3] *Schiebold, E.:* Über eine neue Herleitung der Nomenklatur der 230 kristallographischen Raumgruppen. In: Abhandl. d. Sächs. Akad. d. Wissenschaften, Leipzig 40 (1929), S. 9—204.
[4] *Schiebold, E.:* Methoden der Kristallstrukturbestimmung mit Röntgenstrahlen. Bd. I—III, Leipzig 1932 u. 1933.
[5] *Schiebold, E., E. Schneider:* Graphische Methoden zur Auswertung von Röntgendiagrammen. In: W. H. Bragg, M. v. Laue, C. Herrmann: Internationale Tabellen zur Bestimmung der Kristallstrukturen. Bd. 2, Leipzig 1935, S. 617—692.
[6] *Schiebold, E.:* Kristallbau. In: H. Staude: Physikalisch-chemisches Taschenbuch. Leipzig 1949, S. 685—814.
[7] *Schiebold, E., H. J. Rupprecht:* Anwendung der zerstörungsfreien Prüfverfahren in der Schweißtechnik. In: Werkstoff und Schweißung, Berlin 1954, S. 1 143—1 296.
[8] *Schminder, M.:* Schiebold — 65 Jahre, In: Wissensch. Zeitschrift der Hochschule für Schwermaschinenbau, Magdeburg 3 (1959) 1, S. 115.
[9] *Müller, E. A. W.:* Handbuch der zerstörungsfreien Prüfung. München 1975, Kapitel A 52.

Transport- und Antriebstechnik

Ferdinand Graf von Zeppelin (1838 bis 1917)

Graf Ferdinand von Zeppelin leitete mit dem Bau des ersten wissenschaftlich, wirtschaftlich und militärisch nutzbaren Luftschiffes eine Hauptentwicklungsrichtung von Luftfahrzeugen ein, die erst durch die Entwicklung von Flugzeugen mit einer Reichweite über 7 000 km überholt war.

Ferdinand Heinrich Adolf Graf von Zeppelin wurde am 8. Juli 1838 in Konstanz am Bodensee als ältester Sohn des *Grafen Friedrich von Zeppelin* (1807 bis 1886), eines vermögenden Grundbesitzers und vormaligen Hofmarschalls des Fürsten von Hohenzollern-Sigmaringen, geboren. Er wuchs im elterlichen Schloß unweit Konstanz, am Bodensee auf. Wie er auf dem Gipfelpunkt seines Lebens bekannte, verdankte er der Landschaft am Bodensee frühzeitige Anregungen für sein späteres Werk durch das Beobachten von Wasservögeln, Schiffen und der Wirkungen des Windes. Nach Ausbildung durch Hauslehrer absolvierte er in Stuttgart die oberste Klasse der Realschule, um 1855 als Kadett in die Kriegsschule Ludwigsburg einzutreten, die er 1857 mit der Ernennung zum Leutnant abschloß.

Unbefriedigt von den geringen geistigen Anforderungen des Truppendienstes ließ sich *Zeppelin* bereits ein Jahr später zum Studium an der Universität Tübingen

Ferdinand Graf von Zeppelin

beurlauben. Dort studiert er — ungewöhnlich für einen Adelssproß dieser Zeit — neben Staatswissenschaft Maschinenbau und Chemie. Infolge Mobilmachungsmaßnahmen mußte er im Frühjahr 1859 sein Studium abbrechen und wurde zum Ingenieurkorps nach Ulm versetzt. 1863 ließ sich *Zeppelin* zur Teilnahme am nordamerikanischen Bürgerkrieg beurlauben. Präsident *Abraham Lincoln* (1809 bis 1865) persönlich erteilt ihm die Erlaubnis, sich innerhalb der Nordstaaten-Armee frei zu bewegen. Bei Saint Paul (Kanada) stieg *Zeppelin* erstmalig in einem Fesselballon mit auf. Ihn beeindruckte, welche Aufklärungsmöglichkeiten ein Ballon bietet.

1864 kehrte *Zeppelin* nach Deutschland zurück und diente weiter als württembergischer Offizier. Während des Deutsch-Französischen Krieges 1870/71, an dem er als Kavallerie- und Generalstabsoffizier teilnahm, beeindruckte ihn, wie die französische Seite Ballons zur Aufklärung und zur Sicherung der Verbindung zwischen dem belagerten Paris und dem Hinterland einsetzte. Er bekannte, später, daß ihn seit diesem Krieg das Problem der Konstruktion eines lenkbaren Ballons beschäftigte. Allerdings ließ ihm der militärische Dienst vorerst keine Zeit zur Realisierung dieser Pläne. 1882 wurde *Zeppelin* Regimentskommandeur, 1885 württembergischer Militärbevollmächtigter und 1887 württembergischer Gesandter in Berlin, 1890 Generalleutnant und Kommandeur einer Kavalleriebrigade. *Graf F. von Zeppelin* war ein tapferer, kriegserfahrener sowie überdurchschnittlich gebildeter Offizier. Er bemühte sich um eine moderne gefechtsbezogene Ausbildung und lehnte den seelenlosen parademäßigen Drill ab. Deshalb hatte er immer wieder Auseinandersetzungen mit seinen Vorgesetzten. Nicht zuletzt wegen dieser Auseinandersetzungen schied er 1891 als Generalleutnant z. D. aus dem aktiven Militärdienst aus.

Nun konnte sich *Zeppelin* systematisch der Arbeit an seinem lenkbaren Luftschiff widmen. Bereits 1887 hatte er erstmalig seine Vorstellungen darüber in einer Denkschrift an den König von Württemberg niedergelegt, ohne allerdings seine diesbezüglichen persönlichen Pläne zu erwähnen.

Zeppelin wußte, daß die französischen Offiziere *Charles Renard* (1874 bis 1905) und *A. C. Krebs* am 9. August 1884 erstmalig ein lenkbares Luftschiff erfolgreich er-

Patentschrift Nr. 98580
zum lenkbaren Luftfahrzug
mit mehreren hintereinander
angeordneten Tragkörpern
(1895)

KAISERLICHES PATENTAMT.

PATENTSCHRIFT

№ 98580

KLASSE 77: Sport

GRAF F. VON ZEPPELIN IN STUTTGART.

Lenkbarer Luftfahrzug mit mehreren hinter einander angeordneten Tragkörpern.

Patentirt im Deutschen Reiche vom 31. August 1895 ab.

Den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet ein lenkbarer Luftfahrzug, welcher im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, dafs er aus mehreren beweglich mit einander verbundenen Fahrzeugen besteht, von denen das eine das Triebwerk enthält, während die übrigen zur Aufnahme der zu befördernden Lasten dienen.

Ein derartiger Luftfahrzug ist auf der beiliegenden Zeichnung in Seitenansicht und in ideal streben w (Fig. 2), zwischen diesen liegenden Umfangrinnen und Diagonalstreben w.

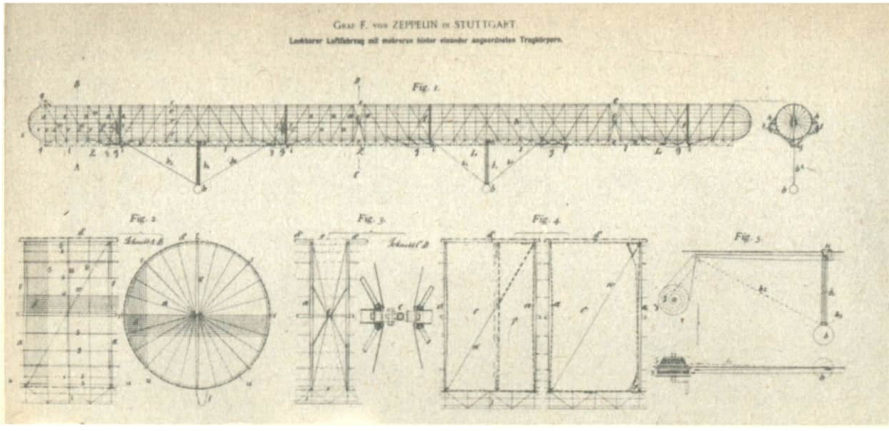
Durch die erwähnten Zwischenwände wird das Luftfahrzeug in einzelne Abtheilungen — Kammern — (Fig. 2) getheilt, in welche entsprechend geformte Gashüllen zusammengefaltet, eingebracht und dann mit Gas gefüllt werden. Diese Anordnung, die jedoch nicht zur vorliegenden Erfindung gehört, sondern

probt hatten. Das von ihnen konstruierte halbstarre Luftschiff „La France", ausgerüstet mit einem Elektromotor von 9 12 PS, war nach 25 min Fahrt wieder zum 7,5 km entfernten Startplatz zurückgelenkt worden und dort sicher gelandet. Ausgehend von diesen französischen Aktivitäten begründete *Zeppelin* in seiner Denkschrift, daß es notwendig und möglich sei, ein lenkbares Luftschiff zu schaffen, das 1. auch gegen stärkere Windströmungen fahrtüchtig bleibt; 2. Fahrten von mindestens vierundzwanzig Stunden unternehmen kann; 3. groß genug ist, um eine ausreichende Nutzlast (Besatzung, Bewaffnung) zu transportieren.

Als *Zeppelin* 1891 an die Verwirklichung seines Planes ging, wurde das Erreichen der von ihm klar definierten Leistungsdaten durch zwei wesentliche Voraussetzungen begünstigt: erstens durch das rapide Sinken des Aluminiumpreises und die schnell voranschreitende Verringerung des Leistungsgewichts des Benzin-Motors. Der Kilopreis des erst 1827 von *Friedrich Wöhler* (1800 bis 1882) rein dargestellten Aluminiums sank von 1000 Mark 1855 auf 2 Mark im Jahre 1900. Benzin-Motoren mit einer Leistung von 20 PS wogen um 1895 noch 800 kg, hatten also ein Leistungsgewicht von 40 kg/PS; bis 1900 sank das Leistungsgewicht bereits auf durchschnittlich 25 kg/PS und betrug 1908 nur noch 4 kg/PS.

Zu diesen objektiv günstigen Voraussetzungen kamen subjektive Faktoren, die sich in hervorragender Weise in der Person des *Grafen F. von Zeppelin* vereinigten. Er besaß ein relativ großes Vermögen und war technisch begabt, was sich vor allem darin äußerte, daß er konsequent vom Verwendungszweck und den Leistungsdaten her konstruierte, wodurch er sich von bisherigen Lösungsversuchen hinreichend frei zu machen vermochte. Zudem war *Zeppelin* ein fähiger Organisator und vor allem von der Richtigkeit und Realisierbarkeit seiner Idee absolut überzeugt.

Zeppelin war sich bewußt, daß sein Kampf für das Luftschiff etwas für einen adligen pensionierten General völlig Unübliches war. In einem Brief an den Chef des deutschen Generalstabs *Alfred Graf von Schlieffen* (1833 bis 1913) betonte er, daß er mit der Verwirklichung seines Vorhabens bis zur Verabschiedung aus dem aktiven Dienst gewartet habe, weil es ihm „störend gewesen wäre, auch nur vor-

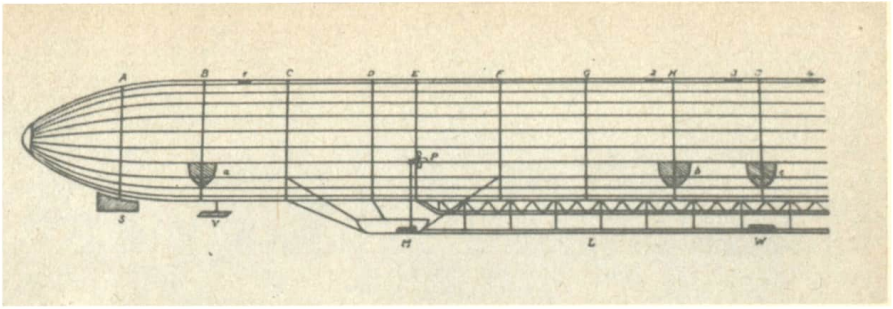


Zeichnung aus der Patentschrift Nr. 98580

übergehend für einen Kandidaten des Irrenhauses angesehen zu werden". Nun aber, wo die öffentliche Meinung nur noch seiner Person, nicht aber seinem Stande „wehe tun könne", sei er entschlossen, für die Verwirklichung seiner Idee alles zu tun und alles zu wagen. [4; S. 31]

Um moralische und finanzielle Unterstützung für sein Vorhaben zu gewinnen, wandte sich *Zeppelin* in zahllosen Briefen an einflußreiche Persönlichkeiten des Deutschen Reiches bis hin zum Kaiser, stieß aber überall auf Ablehnung seiner „verrückten und ungeheuerlichen Pläne". Das von ihm gemeinsam mit Dipl.-Ing. *Theodor Kober* (1865 bis 1930) ausgearbeitete Projekt eines Luftschiffes wurde 1894 durch eine von *Kaiser Wilhelm II.* (1859 bis 1941) eingesetzte Sachverständigenkommission als „undurchführbar" abgelehnt. Trotzdem erwarb *Zeppelin* ein Deutsches Reichspatent für einen „lenkbaren Luftfahrzug"; es wurde vom Patentamt in der Klasse „Sport und Spiele" registriert!

Eine Wende trat ein, als *Zeppelin* Anfang 1896 Mitglied des „Verein Deutscher Ingenieure" (VDI) wurde. Eine vom VDI eingesetzte Kommission beurteilte *Zeppelins* Projekt positiv. Bereits am 30. Dezember 1896 veröffentlichte der VDI einen Aufruf an die deutsche Öffentlichkeit zur Förderung und Unterstützung des *Zeppelin*schen Vorhabens. Dieser Aufruf war für *Zeppelin* und seine wenigen Mitarbeiter die erste positive öffentliche Resonanz nach sechsjähriger Arbeit und ebensolangem Bemühen um Unterstützung. Die Stellungnahme des VDI veranlaßte *Zeppelin*, 1898 eine „Aktiengesellschaft zur Förderung der Luftschiffahrt" mit einem Stammkapital von 800 000 Goldmark zu gründen, wovon 420 000 Mark aus seinem Privatvermögen stammten. Mit diesem Kapital konnte *Zeppelin* im Verlaufe von zwei Jahren sein erstes Luftschiff (LZ 1) bauen. Es wurde am 2. Juli 1900 aus seiner auf dem Bodensee schwimmenden Halle gezogen und erreichte bei mehreren Probefahrten in 400 m Höhe eine Geschwindigkeit von 7,8 m/s = 31 km/h — die höchste bislang von einem Luftschiff erreichte Geschwindigkeit. „LZ 1" bestand aus einem starren Aluminiumgerüst, das mit imprägniertem Baumwollstoff umspannt war. Das Luftschiff hatte eine Länge von 128 m, einen Durchmesser von 11,7 m und einen Gasinhalt von 11 300 m^3, verteilt auf 16 einzelne Gaszellen, von



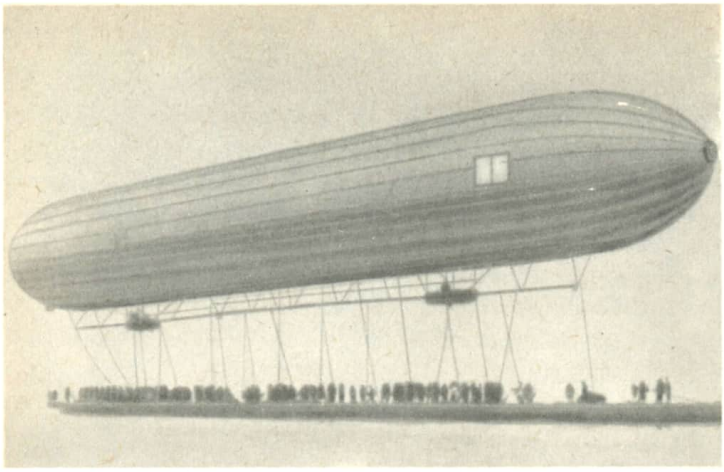
Konstruktionsskizze des ersten Luftschiffmodells (1900)

denen jede mit einem Sicherheitsventil und fünf Zellen mit einem Manövrierventil ausgerüstet waren. In den beiden Gondeln befand sich je ein wassergekühlter Daimler-Benzinmotor mit großem Schwungrad, dessen Leistung (14 ... 16 PS) durch zwei lange Kardanwellen auf jeweils eine Aluminium-Luftschraube übertragen wurde.

Bereits das erste von *Zeppelin* gebaute Luftschiff enthielt Prinziplösungen, die dank ihrer technischen Reife bei allen folgenden Luftschiffen beibehalten werden konnten. So das starre Aluminiumgerüst aus Längsträgern und T-förmigen Spanten, die Unterteilung des Gasraumes in voneinander unabhängige Zellen aus Goldschlägerhaut (gasdichtes Häutchen, das den Blinddarm des Rindes umgibt), ein größerer Luftraum zwischen den einzelnen Gaszellen und der Außenhaut des Schiffes, getrennte Maschinenanlagen in fest mit dem Aluminiumgerüst verbundenen Gondeln. Gegenüber späteren Luftschiffen besaß „LZ 1" lediglich noch keine Stabilisierungsflächen am Heck und statt eines Höhenruders ein auf einem Stahlseil an der Unterseite des Schiffes hin- und herzubewegendes Trimmgewicht von 100 kg. *Zeppelins* technische Leistung zeigte sich nicht nur in der Reife dieser Prinziplösungen, sondern auch in der konsequenten Beachtung der Schwachpunkte seines Luftschiffes: So ließ er es vom Wasser aufsteigen und auch wieder auf dem Wasser landen, weil er wußte, daß eine Landung auf festem Boden wegen der Bruchgefahr für das große Schiff eines der kompliziertesten Probleme ist.

Obwohl sich „LZ 1" technisch bewährte, entzogen die bisher interessierten Kapitalisten dem *Zeppelin*schen Unternehmen ihre Unterstützung, weil es ihnen weder schnellen noch hohen Profit versprach. Da das Kapital mit dem Bau von „LZ 1" verbraucht war, mußte die „Aktiengesellschaft zur Förderung der Luftschiffahrt" im November 1900 mit Verlust liquidiert werden. Anfang 1901 wandte sich *Zeppelin* erneut — doch diesmal vergebens — um Unterstützung an den VDI. Mit der Bemerkung, daß sein „Monstrum" erledigt sei, ließ man ihn auf der VDI-Tagung im Juni 1902 in Kiel nicht einmal zu Wort kommen.

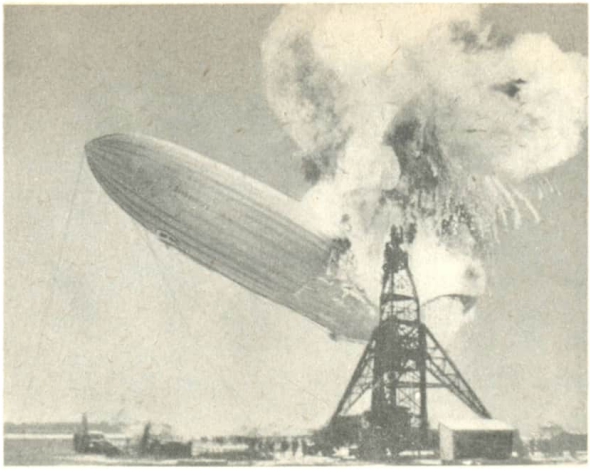
Um Mittel zur Weiterführung seiner Arbeit zu erhalten, veröffentlicht *Zeppelin* im Oktober 1903 einen „Notruf zur Rettung der Flugschiffahrt". Er erbrachte ganze



Zeppelin-Luftschiff LZ 1 (1900)

15 000 Mark und unzählige demütigende Briefe an den „verrückten Schwaben". Als *Zeppelin* im gleichen Jahr 6 000 persönliche Briefe an führende Vertreter des Adels und der Bourgeoisie Deutschlands versendet, denen er jeweils zehn bereits frankierte Postanweisungen beilegt, gehen ihm ganze 8 000 Mark zu — weniger als die Unkosten der Aktion. Besonders deprimierend für den pensionierten General war, daß ein vertrauliches Rundschreiben des Generalstabs alle Offiziere davor warnte, die Pläne des *Grafen v. Zeppelin* finanziell oder moralisch zu unterstützen.

Der Bau des zweiten Luftschiffes wird *Zeppelin* schließlich durch den Erlös einer in Württemberg genehmigten (in Preußen dagegen verbotenen) Geldlotterie ermöglicht. „LZ 2" stieg am 17. Januar 1906 auf, wurde jedoch am Landeplatz durch einen Orkan zerstört. Dieses Luftschiff besaß bereits vorn und hinten Höhenruder, das Gerüst war leichter und zugleich stabiler, und die Leistung der beiden Motoren war auf je 85 PS erhöht worden. Doch nach der Havarie von „LZ 2" stand *Zeppelin* erneut vor einem Trümmerhaufen. Kurze Zeit war er der Verzweiflung nahe. Doch dann gab der achtundsechzigjährige Erfinder die Anordnung: „Es wird weitergebaut!" Unter Aufopferung des noch verbliebenen Familienvermögens wurde sein drittes Luftschiff („Z 1") in nur vier Monaten gebaut und am 9. Oktober 1906 erstmalig erprobt. Technisch wie „LZ 2" ausgerüstet, besaß es völlige Lenkbarkeit und kehrte nach jeder Fahrt sicher zum Aufstiegsort zurück. Seine Durchschnittsgeschwindigkeit betrug bereits 12 m/s = 43 km/h. Am 27. September 1907 legte dieses Luftschiff bei einer achtstündigen Fernfahrt in 600 bis 900 m Höhe 350 km zurück. Diese Erfolge erweckten das Interesse der Militärs, ließen aber staatliche Geldmittel für *Zeppelin* vorerst dennoch nur spärlich fließen, weil das Kriegsministerium unstarre Prall-Luftschiffe für militärisch geeigneter hielt. Mehr und mehr fanden *Zeppelins* Leistungen nun offizielle Anerkennung. Im Herbst 1906 verlieh ihm die Technische Hochschule Dresden den akademischen Grad eines Dr.-Ing. ehrenhalber. Im Juni 1908 referierte *Zeppelin* auf der 49. Hauptversammlung des VDI in Dresden über lenkbare Luftschiffe, begründete die Vorteile des von ihm entwickelten starren Typs sowie die Anforderungen an Antrieb und Steuerung. In seiner Rede verwies er auf die vielen Erfinder, die nicht ein solches Vermögen wie



Brand des LZ 129 in Lakehurst (1937)

er für ihre Ideen opfern können, und schlug dem VDI die Gründung einer eigenen Prüfanstalt für Erfindungen vor. Auf dieser Tagung wurde *Zeppelin* mit der Goldenen Grashof-Medaille, der höchsten Auszeichnung des VDI, geehrt. Nachdem ihm 1907 bereits die Stadt Friedrichshafen die Ehrenbürgerwürde verliehen hatte, wurde er anläßlich seines 70. Geburtstages Ehrenbürger von Konstanz und Stuttgart. Am 18. Juli 1908 promovierte ihn die naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Tübingen feierlich zum Ehrendoktor.

Wie sehr *Zeppelins* Erfolge inzwischen die öffentliche Meinung verändert hatten, zeigte sich, als sein viertes Luftschiff („LZ 4") am 5. August 1908 bei Echterdingen durch einen Gewittersturm am Boden zerstört wurde. Tausende Menschen strömten zur Unglücksstelle und spendeten angesichts der Trümmer spontan Geld für den Bau eines neuen Luftschiffes. Die Spende erbrachte bereits nach 24 Stunden über 900 000 Mark und nach wenigen Monaten mehr als 7 Millionen Mark.

Zeppelin liebte keinen Rummel um seine Person. Aber er war nun berühmt und wurde schlagartig auch von jenen Kräften zum Objekt kapitalistischer Reklame und chauvinistischer Propaganda gemacht, die ihn jahrelang verhöhnt hatten. Kaiser *Wilhelm II* nannte ihn nun „den größten Erfinder aller Zeiten". *Zeppelin* selbst hat immer wieder betont, daß das Gelingen seines Werkes vor allem der völligen Hingabe seiner Mitarbeiter zu verdanken ist. Von ihnen, die auch in aussichtslos erscheinenden Situationen an seiner Seite blieben, verdienen vor allem zwei Erwähnung: Dipl.-Ing. *Ludwig Dürr* (1878 bis 1956), der von Anfang an der leitende Ingenieur beim Bau der Luftschiffe war, und der Physiker Prof. *Hugo Hergesell* (1859 bis 1938), einer der Begründer der modernen Meteorologie, der nicht nur die wichtigsten theoretischen Berechnungen anstellte, sondern auch *Zeppelins* Projekt in der wissenschaftlichen Fachwelt leidenschaftlich vertrat. Erwähnung verdient schließlich noch Dr. *Hugo Eckener* (1868 bis 1954), der ursprünglich als Journalist gegen *Zeppelins* Projekt wirkte, dann aber dessen glühender Verfechter wurde. *Eckener* entwickelte nicht nur die Navigation für das Luftschiff, sondern führte auch als Luftschiffkapitän die „Zeppeline" in interkontinentalen Flügen von Erfolg zu Erfolg.

Mit *Eckener* als Kapitän wurde das 1911 gebaute Luftschiff „Schwaben" zum ersten wirklich erfolgreichen Verkehrsluftschiff. Es verfügte bei einer Länge von 140 m und einem Durchmesser von 14 m über ein Gas-Volumen von 17800 m^3. Drei *Maybach*-Motoren mit je 145 PS verliehen ihm eine Geschwindigkeit von 21 m/s = 76 km/h.

Die Nutzlast betrug 6500 kg und der Aktionsradius 1600 km. Unter diesen Voraussetzungen war es möglich, daß in Deutschland zwischen den Großstädten, die Luftschiffhäfen einrichteten, bereits zwischen 1910 und 1914 mit Luftschiffen ungefähr 16000 Fahrten durchgeführt wurden, an denen nicht weniger als 37000 Fahrgäste teilnahmen.

Demgegenüber blieb die militärische Effektivität der „Zeppeline" während des 1. Weltkrieges weit unter den Erwartungen des deutschen Generalstabes und vor allem *Zeppelins* selber. Sie wurden eine leichte Beute der jungen Luftabwehr, darunter vor allem der Jagdflugzeuge, denen sie eine riesige Zielfläche boten. *Zeppelin*, der während des 1. Weltkrieges in chauvinistischer Verblendung und Altersstarrköpfigkeit den Bau immer größerer Luftschiffe als „kriegsentscheidend" gefordert hatte, verstarb am 8. März 1917 in Berlin.

1924 überquerte „LZ 126" unter Führung *Eckeners* als erstes Luftschiff den Atlantik. Es benötigte für die 7830 km lange Strecke nur drei Tage und neun Stunden, entwickelte also eine Durchschnittsgeschwindigkeit von annähernd 100 km/h. „LZ 126" war 200 m lang, hatte 27,6 m Durchmesser und 70000 m^3 Volumen. Mit seinen fünf 400 PS-*Maybach*-Motoren konnte es eine Nutzlast von rund 40000 kg befördern. Sensationell war ebenfalls die 1929 unter Führung *Eckeners* mit „LZ 127" („Graf Zeppelin") durchgeführte Reise um die Welt. In 300 Stunden legte das Luftschiff eine Strecke von über 34000 km zurück. Aufenthalte eingeschlossen, dauerte die Erdumrundung 20 Tage.

Nachdem eine Explosion „LZ 129" („Hindenburg") am 6. Mai 1937 in Lakehurst bei New York vernichtet hatte, wurde nur noch LZ 130 („Graf Zeppelin" II) gebaut, das Anfang 1940 abgewrackt wurde. Deutschland verfügte über kein Helium, um das bis dahin verwendete, Explosionen begünstigende, Wasserstoffgas zu ersetzen.

Wenn neuerdings wieder in der UdSSR, der DDR, den USA und anderen Ländern an Luftschiff-Projekten gearbeitet wird, dann vor allem deshalb, weil heute ungefährliche Füllgase zur Verfügung stehen und die Selbstkosten für den Lasten-Transport durch Luftschiffe nur etwa ein Fünftel der Flugzeug-, ein Zehntel der Hubschrauber- und ein Drittel der LKW-Transportkosten betragen.

Lebensdaten zu Graf Ferdinand von Zeppelin

1838	Am 8. Juli in Konstanz geboren
1855 bis 1857	Kadett der Kriegsschule Ludwigsburg, Abschluß als Leutnant
1858 bis 1859	Beurlaubung zum Studium an der Universität Tübingen
1863 bis 1864	Beurlaubung zur Teilnahme am nordamerikanischen Bürgerkrieg
1864 bis 1891	Militärdienst in der Württembergischen Armee
1887	Denkschrift über Leistungsdaten eines zu entwickelnden Luftschiffes
1892 bis 1893	Ausarbeitung des Projektes für ein Luftschiff gemeinsam mit Dipl.-Ing. *Th. Kober*

1894	Von *Kaiser Wilhelm II.* eingesetzte Sachverständigenkommission lehnt *Zeppelins* Projekt zweimal als unrealisierbar ab
1895	Deutsches Reichspatent auf einen „lenkbaren Luftzug"
1900	Erfolgreicher Aufstieg von *Zeppelins* erstem Luftschiff am 2. Juli
1906	17. Januar, Aufstieg des zweiten Luftschiffes *Zeppelins*; Zerstörung durch Sturm; 9. Oktober, drittes Luftschiff *Zeppelins* kehrt nach zweistündiger Fahrt zum Startplatz zurück
1908	1. Juli, zwölfstündige Fahrt mit „LZ 4" über die Schweiz; 5. August, Luftschiff-Katastrophe von Echterdingen
1911	Luftschiff „Schwaben" unternimmt mehrere erfolgreiche Fahrten über ganz Deutschland
1916	29. Mai, letzte Fahrt *Zeppelins* in einem Luftschiff
1917	8. März, *Zeppelin* stirbt in Berlin

Literaturverzeichnis zu Ferdinand Graf von Zeppelin

[1] *Zeppelin, Graf:* Die Eroberung der Luft. Ein Vortrag, gehalten im Saal der Sing-Akademie zu Berlin am 25. Januar 1908, Stuttgart und Leipzig 1908.

[2] *Zeppelin, Graf:* Die Mainzer Fernfahrt und das Unglück von Echterdingen. In: Wir Luftschiffer. Die Entwicklung der modernen Luftschiffahrt in Einzeldarstellungen. Hrsg. v. Dr. Bröckelmann, Berlin und Wien 1909, S. 307—311.

[3] *Eckener, H.:* Mit Graf Zeppelin 1900—1908. In: Wir Luftschiffer. A. a. O., S. 269—284.

[4] *Rosenkranz, H.:* Ferdinand Graf von Zeppelin. Die Geschichte eines abenteuerlichen Lebens. Berlin 1931.

[5] *Vömel, A.:* Graf Ferdinand von Zeppelin. Ein Mann der Tat. Emmishofen und Konstanz 1908.

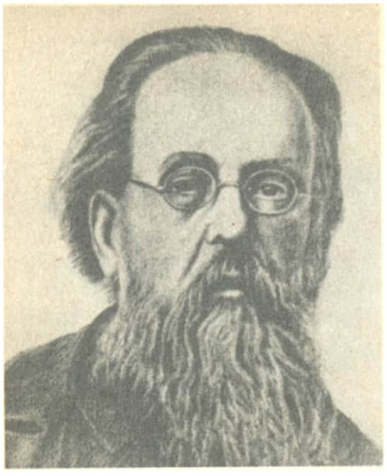
[6] *Wissmann, G.:* Geschichte der Luftfahrt von Ikarus bis zur Gegenwart. Eine Darstellung der Entwicklung des Fluggedankens und der Luftfahrttechnik. Berlin 1960.

[7] *Wissmann, G.:* Hat das Luftschiff Zukunft? In: Militärtechnik, Berlin 11 (1971) 7, S. 293—295.

Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857 bis 1935)

Die Geschichte der Luft- und Raumfahrttechnik ist untrennbar mit dem Namen *Ziolkowskis* verbunden. Er ist der bedeutendste Forscher unter denen, die zu Beginn unseres Jahrhunderts die Grundlagen der Kosmonautik erarbeiteten. Von ihnen seien hier wenigstens *Robert Esnault-Pelterie* (1881 bis 1957), *Robert Hutchings Goddard* (1882 bis 1945) und *Hermann Oberth* (geb. 1894) genannt. *Ziolkowski* wird zu Recht als „Vater der Kosmonautik" bezeichnet. Sein Wirken beschränkte sich aber nicht nur auf Physik und Technik von Flugapparaten. Er entwickelte auch viele originelle Ideen zur Geophysik, Biologie, Philosophie und Sprachwissenschaft, die allerdings z. T. umstritten sind.

Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski wurde am 17. September 1857 im Dorf Ishewskoje im Gouvernement Rjasan in der Familie eines Försters geboren. Durch eine schwere Krankheit im 10. Lebensjahr wurde er fast taub, so daß er die Schule nicht mehr besuchen konnte. Erst mit etwa 14 Jahren erholte er sich und begann



Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski

nun, sich autodidaktisch auszubilden. Bald wurden seine wissenschaftlich-erfinderischen Begabungen deutlich. Als er 16 Jahre alt war, ermöglichte ihm der Vater für 3 Jahre einen Aufenthalt in Moskau. Auch hier arbeitete *Ziolkowski* fast nur autodidaktisch, saß täglich in der Bibliothek, ernährte sich ausnahmslos von trokkenem Schwarzbrot (das wenige Geld, das ihm der Vater geben konnte, setzte er in Bücher und Experimentiermittel um). Er studierte die Lehrbücher der Grundlagenwissenschaften, führte die Beweise selbständig durch, stellte sich selbst technische Probleme und versuchte sie theoretisch zu lösen. Schon hier kamen ihm erste Gedanken — manchmal auch mehr Träumereien — über künftige Raumfahrzeuge. Nach seinen eigenen Worten wurde er dazu vor allem durch die Lektüre von *Jules Verne* (1828 bis 1905) angeregt.

Im Herbst 1879 legte *Ziolkowski* extern ein Examen als Volksschullehrer ab und erhielt an der Zweiklassenschule von Borowsk im Gouvernement Kaluga die Stelle eines Lehrers für Arithmetik und Geometrie. Bald darauf heiratete er die Tochter seines Zimmerwirts; sie hatten auch gemeinsam Kinder, aber für *Ziolkowski* stand die Familie gegenüber seiner wissenschaftlichen Arbeit stets im Hintergrund (in seiner Autobiographie von 1932 erwähnt er sie gar nicht).

Ziolkowskis erste umfangreichere theoretische Arbeit betraf die Grundlagen der kinetischen Gastheorie. Er verfaßte sie 1881 und schickte sie an die Petersburger Physikalisch-chemische Gesellschaft. Wenn die Ergebnisse für die wissenschaftliche Welt auch nicht mehr neu waren (*James Clerk Maxwell* [1831 bis 1879] und *Ludwig Boltzmann* [1844 bis 1906] hatten bereits die entscheidenden Beiträge erarbeitet), so erkannte man in Petersburg doch die Originalität des Provinzlehrers, dem die internationale wissenschaftliche Literatur ja nicht zur Verfügung stand und der sich deshalb diese theoretischen Kenntnisse selbständig neu erarbeitet hatte; man wählte ihn zum Mitglied der Physikalisch-chemischen Gesellschaft. *Ziolkowski* verfaßte dann Arbeiten zu Problemen aus der klassischen Mechanik, bezogen auf den freien Raum. „Anfangs machte ich längst bekannte Entdeckungen, dann neuere und danach auch völlig neue", schrieb *Ziolkowski* später in seiner Autobiographie. [zit. nach 1; S. 31] Die biederen Einwohner von Borowsk (und später Kaluga) setzte

Ziolkowskis Arbeitszimmer in Kaluga

er mit allerlei physikalischen Spielereien in Erstaunen. Man hielt den Mathematiklehrer, der wegen seiner starken Schwerhörigkeit sonst wenig Umgang pflegte, jedoch meist für ziemlich verschroben.

Um 1885 begann sich *Ziolkowski* zielgerichtet mit Problemen der Luftfahrt zu befassen. Erstes Ergebnis war der Entwurf eines steuerbaren Luftschiffes aus Metall mit veränderbarem Volumen, um eine konstante Auftriebskraft zu ermöglichen. Das Projekt fand jedoch bei der VII. Luftfahrtabteilung der Russischen technischen Gesellschaft — der zuständigen Organisation des zaristischen Rußland — keine Anerkennung und *Ziolkowski* damit auch keine Unterstützung für den Bau eines Modells. Auch seine 1892 gedruckte Arbeit „Ein lenkbarer Metallballon" blieb praktisch unbeachtet. (Wie geringschätzig die zaristische Regierung von ihren eigenen Wissenschaftlern und Technikern dachte, macht die Tatsache deutlich, daß sie 1893/94 für ein ähnliches, aber wissenschaftlich nicht durchdachtes Projekt des Österreichers *David Schwarz* [gest. 1897] ohne Prüfung mehr als 20000 Rubel bereitstellte.) Kurz darauf entwickelte *Ziolkowski* die Idee eines Ganzmetallflugzeuges und veröffentlichte dazu 1894 in der Zeitschrift „Nauka i shisn" seinen grundlegenden Artikel „Der Aeroplan oder die vogelähnliche Flugmaschine" mit Berechnungen und Zeichnungen. Wichtig ist sein Hinweis, daß es technisch nicht sinnvoll ist, die Flügelbewegungen eines Vogels nachzuahmen (wie vielfach versucht wurde). *Ziolkowskis* Flügel haben bereits ein dickes Profil, er berücksichtigt erstmals in der Literatur die Flügelstreckung, und der Rumpf seiner geplanten „Flugmaschine" ist stromlinienförmig. *Ziolkowskis* Konstruktionen gingen bereits über die von den Brüdern *Wilbur* (1867 bis 1912) und *Orville Wright* (1871 bis 1948) u. a. ab 1903 realisierten hinaus. Er war bei seinen Entwürfen von aerodynamischen Berechnungen für die einzelnen Konstruktionselemente ausgegangen, berücksichtigte auch den Wirkungsgrad der Luftschraube.

Um den Koeffizienten des Luftwiderstandes bei verschiedenen Flugkörper-Formen genauer bestimmen zu können, baute *Ziolkowski* mit seinen wenigen Mitteln 1897 in Kaluga (wo er seit 1892 wohnte und unterrichtete) den ersten Windkanal mit offener Meßstrecke in Rußland und konnte seine bemerkenswerten Ergebnisse ein

Jahr später veröffentlichen. Diese Untersuchungen fanden auch die Beachtung *Nikolai J. Shukowskis* (1847 bis 1921), des bedeutenden Aeromechanikers der Moskauer Universität. Für diese seine Forschungen erhielt *Ziolkowski* 1899 sogar eine einmalige Unterstützung der Petersburger Akademie der Wissenschaften von 470 Rubeln; mit dem Geld baute er einen neuen Windkanal.

Trotz dieser Anerkennung blieben *Ziolkowskis* weitere Ergebnisse in der experimentellen Aerodynamik im wesentlichen unbeachtet (großenteils auch unveröffentlicht). So wurden viele dieser Ergebnisse nach 1908 in den Windkanälen von *Alexandre Gustave Eiffel* (1832 bis 1923) und *Ludwig Prandtl* (1875 bis 1953) neu erarbeitet.

Um 1895 begann sich *Ziolkowski* intensiv mit der Raketenbewegung zu beschäftigen. Zwei Jahre zuvor hatte er eine phantastische Erzählung „Auf dem Monde" veröffentlicht. Nun ging es ihm um die theoretischen Grundlagen der Raketenbewegung. Rußland bot dazu allerdings wieder denkbar ungünstige Voraussetzungen, denn in den 80er Jahren hatte man offiziell alle Arbeiten, die bis dahin zu Kampfraketen usw. (z. T. recht erfolgreich) betrieben worden waren, als unnütz eingestellt.

Grundproblem der Mechanik der Raketenbewegung war, daß man es hierbei mit einem Körper zu tun hatte, der seine Masse kontinuierlich ändert. Die Theorie dieser Bewegung (auf der Grundlage der *Newton*schen Mechanik) wurde erst 1897 in Rußland geschaffen, und zwar unabhängig voneinander von *Iwan Wsewolodowitsch Meschtscherski* (1859 bis 1935) und von *Ziolkowski*. Während *Meschtscherski* das Problem jedoch als rein theoretisch-mechanisch behandelte, leitete es *Ziolkowski* direkt zur Berechnung der geradlinigen Bewegung einer Rakete ab. [vgl. 4] Deshalb wird *Ziolkowski* mit Recht als Begründer der Raketendynamik angesehen. Erst 1903 konnte er seine Ergebnisse unter dem Titel „Erforschung des Weltraums mittels Reaktionsapparaten" in der russischen Zeitschrift „Wissenschaftliche Rundschau" veröffentlichen (wiederabgedruckt in [5] und [6, Bd. 2]). Sie enthält die heute als *Ziolkowski*-Formel oder Raketengrundgleichung bekannte Beziehung zur Berechnung der idealen Endgeschwindigkeit einer Rakete

$$v_i = c \cdot \ln(M_1/M_o)$$

(v_i = Endgeschwindigkeit, c = konstante Ausströmgeschwindigkeit, M_1 = Startmasse der Rakete, M_o = Leermasse). Neben der theoretischen Behandlung des Raketenfluges ist in dieser Arbeit auch der Entwurf einer Rakete großer Reichweite wiedergegeben. In Form einer luftschiffähnlichen länglichen Metallkammer stellte sie eine Flüssigkeitsrakete (flüssiger Wasserstoff als Brennstoff und flüssiger Sauerstoff als Oxydator) dar; vorn ist ein Raum für die Kosmonauten (mit Versorgungssystem) abgetrennt. Zur Steuerung empfahl *Ziolkowski* Steuerruder aus Graphit (im Gasstrahl angeordnet) oder eine drehbare Triebwerksdüse. Diese Vorschläge finden — entsprechend weiterentwickelt — in der modernen Raketentechnik Anwendung. *Ziolkowskis* Publikation fand jedoch damals im In- und Ausland keine Beachtung. Auch eine erweiterte Fassung von 1912 im russischen „Luftfahrtboten" und weitere Veröffentlichungen bis 1914 blieben weitgehend unbeachtet. Als 1923 in Deutschland *Oberths* Buch „Die Rakete zu den Planeten-

Denkmal für Ziolkowski neben seinem Wohnhaus in Kaluga

räumen" erschien, war das Anlaß, *Ziolkowskis* Arbeiten erneut herauszugeben. Es ist zwar ziemlich wahrscheinlich, daß sie nun im Ausland zur Kenntnis genommen wurden (so schrieb *Oberth* 1929 einen entsprechenden Brief an *Ziolkowski*, und 1926/27 erschienen einige Aufsätze *Ziolkowskis* auch in deutschen Zeitschriften), zitiert wurde er jedoch weiterhin kaum. [vgl. 8]

Daß *Ziolkowskis* Ideen damals kaum zur Kenntnis genommen wurden, hatte seine Ursache allerdings nicht nur in der Nichtachtung der russischen Wissenschaft. Der „versponnene" Lehrer aus Kaluga zählte ja nicht zur offiziellen Wissenschaft, war also ein Außenseiter. Seine Arbeiten erschienen großenteils in wenig bekannten Zeitschriften. Er selbst zitierte auch kaum andere Arbeiten, da er wenig Zugang zur Literatur hatte, und er mußte sich vieles eigenständig erarbeiten. In seinen Aufsätzen schrieb er die Formeln nicht in der üblichen Weise, sondern mit russischen Buchstaben, die von den entsprechenden russischen Begriffen abgeleitet waren. Die „lateinische Gelehrtensprache" lehnte er ab, war aber ein Anhänger des Esperanto als Sprache für alle Völker. Aus seinen negativen Erfahrungen resultierte schließlich auch seine ablehnende Haltung gegenüber dem Urteil von Fachgelehrten, was die Herausgabe seiner späteren Arbeiten erschwerte.

Auf *Ziolkowskis* Arbeiten in den 20er Jahren kann hier nicht im einzelnen eingegangen werden. Hervorzuheben sind seine Gedanken über interplanetare Reisen und in diesem Zusammenhang Vorstellungen über mehrstufige Raketen (*Ziolkowski* sprach von „Raketenzügen"). Der Begriff „Sputnik" wurde von ihm erstmals in seiner heutigen Bedeutung gebraucht. Er beschrieb den Aufbau und die Versorgung von Raumstationen. 1926 erschienen seine Betrachtungen zum Raketenflug in Buchform. In seinen letzten Lebensjahren arbeitete *Ziolkowski* auch an der Theorie eines rückstoßgetriebenen Flugzeugs, entwarf ein Luftkissenfahrzeug u. a. m.

Unter der Sowjetmacht wurde *Ziolkowski* endlich die verdiente Anerkennung zuteil. Durch einen Erlaß des Rates der Volkskommissare der RSFSR wurde ihm 1921 eine erhöhte Rente auf Lebenszeit zuerkannt; seine Artikel und Bücher wurden veröffentlicht, seine Ideen popularisiert. Die heutigen Erfolge der sowjetischen Raketentechnik zeigen, auf welch fruchtbaren Boden sie gefallen sind.

Für die neue Gesellschaftsordnung begeisterte sich *Ziolkowski* von Beginn an und versuchte auf seine Weise, zu ihrer Entwicklung beizutragen. Für die 1918 gegründete Moskauer Sozialistische Akademie der Gesellschaftswissenschaften arbeitete er an einem Buch „Die sozialistische Ordnung der Menschheit". Er wurde Ehrenmitglied der „Russischen Gesellschaft der Freunde der Weltkunde"; 1932 erhielt er den Orden des Roten Arbeitsbanners. Anläßlich der Maidemonstration 1933 konnte der 75jährige Gelehrte über Funk von Kaluga aus den Moskauern auf dem Roten Platz zurufen: „... Ich glaube, daß viele von euch Augenzeugen der ersten Reise außerhalb der Atmosphäre sein werden." *Ziolkowski* arbeitete eng mit den in Moskau und Leningrad Ende der 20er Jahre gebildeten „Gruppen zum Studium der Rückstoßbewegung" (GIRD) zusammen, aus denen die Pioniere der sowjetischen Weltraumfahrt hervorgingen. Der „Träumer von Kaluga", wie er ob seiner phantastischen zukunftsweisenden Ideen oft auch genannt wurde, war für diese Arbeitsbedingungen, die ihm die Sowjetmacht bot, dankbar und fühlte sich in seiner Arbeit beflügelt. Rund 80% seiner über 600 Abhandlungen entstanden erst in diesen Jahren (wovon etwa 100 damals im Druck erschienen). Kurz vor seinem Tode am 19. September 1935 schrieb er an *J. W. Stalin* (1879 bis 1953): „Mein ganzes Leben lang träumte ich davon, mit meinen Arbeiten die Menschheit wenigstens etwas voranzubringen. ... Alle meine Arbeiten über das Flugwesen, das Fliegen mit Raketen und den interplanetaren Verkehr übergebe ich der Partei der Bolschewiki und der Sowjetmacht — den wahren Führern beim Fortschritt der menschlichen Kultur. Ich bin gewiß, daß sie diese Arbeiten mit Erfolg zu Ende führen." [1; S. 165]

Lebensdaten zu Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski

1857	Am 17. (5.) September im Dorf Ishewskoje (Gouvernement Rjasan) geboren
1873 bis 1876	Aufenthalt in Moskau
1880	Examen als Lehrer und Übersiedlung nach Borowsk
1885	Beginn der Arbeiten zur Luftfahrt
1892	Erscheinen des Buches „Ein lenkbarer Metallballon"
1892	Übersiedlung nach Kaluga
1893	Erscheinen der phantastischen Erzählung „Auf dem Mond"
1894	Artikel „Der Aeroplan oder die vogelähnliche Flugmaschine"
1895	Beginn der Arbeiten zur Theorie der Rückstoßbewegung
1918	Teilnahme an der Arbeit der Proletarischen Universität Kaluga
1924	Ehrenprofessur der Militärakademie für Luftfahrt „Shukowski"
1926	Erscheinen des Buches „Die Erforschung des Weltraumes mit Rückstoßgeräten"
1935	Am 19. September in Kaluga verstorben

Literaturverzeichnis zu Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski

[1] *Kosmodemjanski, A. A.:* Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski. Moskau, Leipzig 1979 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 43).

[2] *Bruchanov, V. A.:* Mirovozzrenie K. E. Ciolkovskogo i ego naučno-techničeskoe tvorčestvo. (Die Weltanschauung K. E. Ziolkowskis und sein wissenschaftlich-technisches Schaffen), Moskva 1959.
[3] *Arlazarov, M. S.:* Ciolkovskij. Žizn' znamenitych ljudej, vyp. 11. (Ziolkowski. Das Leben bedeutender Menschen), Moskva 1962.
[4] *Kosmodemjan'skij, A. A.:* Pervye raboty K. E. Ciolkovskogo i I. V. Meščerskogo po dinamike raket. (Die ersten Arbeiten K. E. Ziolkowskis und I. W. Meschtscherskis zur Raketendynamik). In: Voprosy istorii estestvoznanija i techniki, Moskva, vyp. 2 (43) 1973, S. 35–40.
[5] Pionery raketnoj techniki (Izbrannye trudy). (Pioniere der Raketentechnik, Ausgewählte Werke; Arbeiten Ziolkowskis S. 23—256), Moskva 1964.
[6] *Ciolkovskij, K. E.:* Sobranie sočinenij. tom 1—5. (Gesammelte Werke, Bd. 1—5), Moskva 1951.
[7] *Estel, E., W. Klasen:* Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski. In: Physik in der Schule, Berlin 6 (1968) 10, S. 419—421.
[8] *Herrmann, D. B.:* K. E. Ziolkowski im Spiegel westeuropäischer Raumfahrtliteratur. In: NTM, Leipzig 18 (1981), 2, S. 8—16.

Rudolf Diesel (1858 bis 1913)

Heutzutage werden im Schiffsbetrieb, in stationären und mobilen Anlagen für Stromerzeugung, in Triebwagen und Lokomotiven, in Straßenfahrzeugen und Ackerschleppern sowie als Antriebsmittel für verschiedenartige Maschinen wirtschaftlich arbeitende Verbrennungsmotoren eingesetzt, die auf das Wirken des hervorragenden deutschen Ingenieurs *Rudolf Diesel* zurückführen.

Diesel verfügte über ein umfassendes und hinreichend fundiertes Fachwissen, auf das er sich jederzeit zuverlässig stützen konnte, um weiterführende Ideen zu finden und diese durch praktische Erfahrungen bestätigen, präzisieren oder korrigieren zu lassen. So erschien 1893 seine Schrift „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors", in der die Grundgedanken entwickelt wurden, die *Diesels* Motor von den bis dahin bekannten Verbrennungsmotoren qualitativ unterschieden und ihn zur wirtschaftlichsten Wärmekraftmaschine werden ließen.

Diesel ist zugleich einer der wenigen bedeutenden Erfinder, die den mühevollen Weg ihrer bahnbrechenden Leistungen im nachhinein philosophisch-didaktisch reflektierten. Sein Buch „Die Entstehung des *Diesel*motors" (1913) erweist sich wegen seiner tiefgründigen Analyse als wahre Fundgrube für die Forschung.

Rudolf Diesel wurde am 18. März 1858 als Sohn deutscher Eltern in Paris geboren. Als nach Ausbruch des Deutsch-Französischen Krieges (1870) alle Deutschen des Landes verwiesen wurden, zog die fünfköpfige Familie *Diesel* nach London. Doch ihre finanzielle Not wurde bald derart groß, daß sie sich veranlaßt sah, den 12jährigen *Rudolf* zu Verwandten nach Augsburg zu schicken. Dort erhielt der überdurchschnittlich begabte und sehr strebsame Junge zunächst an der Gewerbeschule, wo sein Pflegevater als Mathematikprofessor tätig war, eine gründliche dreijährige Ausbildung, vorrangig in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. Schon früh regte sich *R. Diesels* Interesse für Maschinentechnik.

Rudolf Diesel

Von 1873 bis 1875 besuchte er die mechanisch-technische Abteilung der Industrieschule in Augsburg. Hier machte die Vorführung eines pneumatischen Feuerzeugs, in dem durch Kompression von Luft Wärme erzeugt und mit deren Hilfe wiederum ein Stück Zunder im Glaskolben zum Glühen gebracht wurde, einen solch unauslöschlichen Eindruck auf ihn, daß ihm gerade dieses Experiment viele Jahre später zum Keim für seine bedeutsame Erfindung werden sollte. [vgl. 9; S. 53f.] Nach überaus erfolgreicher Abschlußprüfung nahm *Diesel* noch im gleichen Jahr ein Studium an der Technischen Hochschule in München auf. Die Studienjahre waren für ihn mit materieller Not verbunden, denn seine Eltern, die 1877 nach Paris zurückgekehrt waren, konnten ihn in keiner Weise unterstützen. Aber weder dies noch eine längere Typhuserkrankung ließen seinen unzähmbaren Willen zum Lernen erlahmen, wandelte sich doch gerade jetzt der bislang noch undeutliche Vorsatz zu einer „großen Erfindung", die er einmal machen wollte, in eine konkrete Zielstellung um. Den Anlaß dazu gab ihm sein Lehrer in der theoretischen Maschinenlehre, *Carl von Linde* (1842 bis 1934), der Begründer der Kältetechnik und Erfinder der Luftverflüssigung im industriellen Verfahren. Von *Linde* empfing *Diesel* den Impuls, der in jahrzehntelangem Ringen zur Schöpfung des Dieselmotors führen sollte. *Linde* hatte 1878 während einer Vorlesung über Wärmekraftmaschinen seinen Studenten auseinandergesetzt, daß die Dampfmaschine nur sechs bis zehn Prozent der disponiblen Wärme des Brennstoffes in effektive Arbeit umsetze, daß aber nach dem bereits 1824 beschriebenen *Carnot*schen Kreisprozeß eine viel höhere Ausbeute erzielbar wäre. Dabei komme es darauf an, die durch Verbrennung frei werdende Wärme dem Gas bei isothermer Expansion zuzuführen. *Diesel* notierte an den Rand seines Kollegheftes: „Studieren, ob es nicht möglich ist, die Isotherme praktisch zu verwirklichen!" [9; S. 55] 35 Jahre später schrieb er zurückblickend: „Damals stellte ich mir die Aufgabe! Das war noch keine Erfindung, auch nicht die Idee dazu. Der Wunsch der Verwirklichung des *Carnot*schen Idealprozesses beherrschte fortan mein Dasein. Ich verließ die Schule, ging in die Praxis, mußte mir meine Stellung im Leben erobern. Der Gedanke verfolgte mich unausgesetzt." [3; S. 1f.]

KAISERLICHES PATENTAMT.

PATENTSCHRIFT

№ 67207

RUDOLF DIESEL in BERLIN.

Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen.

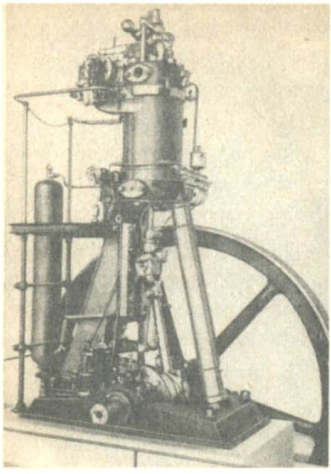
Patentirt im Deutschen Reiche vom 23. Februar 1893 ab.

Patentschrift des Dieselschen Hauptpatents Nr. 67207 vom 23. Februar 1893

An der Technischen Hochschule schloß *Diesel* im Januar 1880 sein Studium mit dem besten Examen ab, das seit ihrer Gründung (1868) dort abgelegt worden war. Danach arbeitete er zunächst als Assistent bei *Linde*, wo er sich mit der damals entstehenden Kältetechnik gründlich vertraut machen konnte. Nach einer praktischen Tätigkeit bei der schweizerischen Firma *Sulzer*, einem damals wie heute bedeutenden Unternehmen der Maschinenindustrie (1834 gegründet, seit 1914 AG; Sitz Winterthur), ging der junge Ingenieur noch 1880 in die Pariser Filiale der aufblühenden *Linde*schen Unternehmungen. *Diesel*, der hier bald als Direktor für die Herstellung von Eismaschinen und darüber hinaus als Technischer Leiter einer Eisfabrik wirkte, war zugleich Vertreter für *Linde*s Eismaschinen in ganz Frankreich und später auch in Belgien. Im September 1881 erwarb er für ein Verfahren zur Herstellung von Klareis in Flaschen sein erstes Patent. 1883 heiratete *R. Diesel*. Von seinen drei Kindern ist *Eugen Diesel* (1889 bis 1970) als Biograph seines Vaters und durch philosophische Arbeiten zur Technik sowie Essays, Dramen und Erzählungen bekannt geworden.

In Paris suchte *Diesel* nun seinen Erfinder-Plan zu realisieren. Er ließ auf eigene Kosten ein Labor einrichten und einen selbstkonstruierten Motor bauen, der nichts anderes war als eine mit Ammoniak arbeitende Dampfmaschine. Es ging ihm um die Erzielung hoher Temperaturen zur Ausnutzung eines großen Temperaturgefälles im Motor. Deshalb galt es, ständig zu studieren, zu experimentieren und die gewonnenen Erfahrungen sowie Erkenntnisse zu registrieren, um daraus weiterführende Schlüsse ziehen zu können. Während langwieriger Untersuchungen, insbesondere zwecks Verwendung überhitzter Ammoniakdämpfe, kam *Diesel* u. a. zu der Erkenntnis, daß sich bei Überschreitung des kritischen Punktes Flüssigkeits- und Gaszustand nicht mehr voneinander unterscheiden lassen. Das brachte ihn auf die Idee, die Dämpfe als Gase zu betrachten, um ihnen rechnerisch näherzukommen. (Heute wissen wir, daß es keine scharfe Grenze zwischen Dämpfen und Gasen gibt.)

*Diesel*s größter Erfolg als Angestellter der *Linde*-Gesellschaft war die Entwicklung und der Aufbau einer Klareisanlage, die 1889 zur Pariser Weltausstellung gezeigt



Diesels Motor
von 1897

wurde. Diese Erfindung konnte *Diesel* wegen eines Kontraktes mit dem Unternehmen aber nicht selbständig verwerten, obwohl er weit über das Maß seiner Verpflichtungen hinaus an ihr gearbeitet hatte. Aus solcherart Erfahrungen entwickelte sich *Diesel*s Drang nach Selbständigkeit. Daher löste er später sein Anstellungsverhältnis zu *Linde*, ohne seine Verbindung zu ihm abzubrechen.

Die unentwegte Beschäftigung mit seinem Lebensziel, unterstützt durch viele Versuche in verschiedener Richtung, führte schließlich zur Edition der bereits erwähnten Schrift „Theorie und Konstruktion ...". Neben einigen Gedanken, die sich später als unrealisierbar herausstellten, wurden hier bereits die völlig neuen Grundprinzipien klar umrissen, nach denen die Maschine arbeiten sollte: Der Motor saugt kein Kraftstoff-Luft-Gemisch an, sondern nur Luft. Sie wird auf weit höheren Druck verdichtet als bei den bis dahin bekannten Gasmaschinen und erwärmt sich dabei so stark, daß ihre Temperatur die Entzündungstemperatur des Brennstoffes übersteigt. Dieser wird allmählich, fein verteilt, in die hochgespannte Luft eingeführt, entzündet sich von selbst und setzt den Kolben in Bewegung.

Diesel hatte unter Berücksichtigung der Arbeiten von *Nicolas Léonard Sadi Carnot* (1796 bis 1832) errechnet, daß sein Motor mit höherem Wirkungsgrad als die *Otto*motoren arbeiten würde. Außerdem konnte man billigere, schwerer flüchtige und daher kaum zu einer Explosion neigende Kraftstoffe verwenden. Auch der Verzicht auf die komplizierte Zündanlage würde sich als Vorteil erweisen.

Kurz vor der Veröffentlichung seiner Schrift hatte sich *Diesel* das darin beschriebene Arbeitsverfahren patentieren lassen. Die außerordentliche Energie und Überzeugungskraft, mit der *Diesel* seine Idee vom rationellen Wärmemotor verfocht und das günstige Urteil der Hochschullehrer *Carl von Linde*, *Moritz Schröter* (1851 bis 1925) und *Gustav Anton Zeuner* (1829 bis 1907) veranlaßten die Maschinenfabrik Augsburg (die spätere MAN) und die Firma Krupp, welche seit 1887 unter der Leitung von *Alfred Friedrich Krupp* (1854 bis 1902) stand, die für die Versuche mit dem neuen Motor erforderlichen Mittel zur Verfügung zu stellen. Zu jener Zeit war der „Wettlauf der Motoren" noch nicht abgeschlossen. Zwar waren die Gasmaschinen durch die Benzinmotoren in den Hintergrund gedrängt worden, aber auch

die Elektromotoren setzten sich mit der zunehmenden Ausweitung des Energienetzes allmählich durch und wurden dort zu ernsthaften Konkurrenten. Zugleich eröffnete die sich ständig weiterentwickelnde Produktion immer neue Anwendungsmöglichkeiten für Antriebsmaschinen. Der *Diesel*motor mit seiner vorausgesagten Wärmewirtschaftlichkeit, die sich im geringen Kraftstoffverbrauch äußern sollte und von keiner anderen Wärmekraftmaschine erreichbar wäre, bot nicht nur für kleine Leistungen gute Absatzmöglichkeiten, sondern war vor allem als Großmotor in der Lage, in Anwendungsgebiete einzudringen, die bis dahin eindeutig von der Dampfmaschine beherrscht wurden. Diese günstigen Perspektiven ließen dem, der sie erkannte und bereit und fähig war, für ihre Realisierung entsprechend hohe Summen zu investieren, Riesenprofite sehr wahrscheinlich erscheinen. Aus diesen Gründen entschlossen sich 1893 die beiden oben genannten Firmen zur Finanzierung der Versuche *Diesels*.

Die Versuchswerkstatt, zu deren Aufbau *Krupp* 30 000 Taler beisteuerte, wurde in Augsburg errichtet. Damit war die für eine technische Entwicklung solchen Ausmaßes erforderliche Synthese zwischen zielsetzender Idee, schöpferischer Gestaltungskraft und risikobereitem (wegen Erwartung hohen Gewinns) Unternehmertum hergestellt.

Manche Irrwege wurden im Laufe der Versuche beschritten, manche Lösungen angestrebt, für die das technische Rüstzeug jener Zeit noch nicht ausreichte; oft schien die Lage fast hoffnungslos. Immer wieder haben die gestaltende Phantasie *Diesels*, seine unermüdliche Arbeitskraft und das zähe Festhalten am Projekt durch *Heinrich von Buz* (1833 bis 1918), den Leiter der Maschinenfabrik Augsburg AG, verhindert, daß die Arbeiten vor Erreichen des Zieles abgebrochen wurden. Darüber schrieb *Diesel* 1913 u. a.: „Immer wird nur ein geringer Teil der hochfliegenden Gedanken der körperlichen Welt aufgezwungen werden können, immer sieht die fertige Erfindung ganz anders aus als das vom Geist ursprünglich geschaute Ideal, das nie erreicht wird. Deshalb arbeitet auch jeder Erfinder mit einem unerhörten Abfall von Ideen, Projekten und Versuchen. Man muß viel wollen, um etwas zu erreichen." [3; S. 151]

Nach vierjähriger Arbeit, gemessen an heutigen Entwicklungszeiten für neue Motoren ein kurzer Zeitraum, wurde ein betriebsfähiger Motor geschaffen. Er hatte alle wesentlichen Merkmale der später ausgeführten Maschinen, obgleich er natürlich noch mit manchen „Kinderkrankheiten" behaftet war. Ungeachtet dessen begann aber an einigen Orten in Europa sofort und kurz darauf auch in den USA die Serienproduktion.

Die anfangs noch vorhandenen Mängel, wie Festgehen der Kolben, fehlende Präzision bei der Fertigung usw., wurden von *Diesels* Gegnern als „Beweis" für die Unbrauchbarkeit des Motors gedeutet. Daher mußte sich *Diesel* bis zu seinem Tode gegen die verschiedensten Anwürfe wehren und immer wieder um die Anerkennung seiner Erfindung kämpfen. Es waren Jahre des nervenaufreibenden „Kampfes mit Dummheit und Neid, Trägheit und Bosheit, heimlichem Widerstand und offenem Kampf der Interessen, die entsetzliche Zeit des Kampfes mit Menschen, ein Martyrium, auch wenn man Erfolg hat", schrieb er verbittert 1913. [4; S. 364] *Diesel* vermochte sich dennoch durch seine Patente ein großes Vermögen zu erwerben. Aber die Sorge, seinen Reichtum zu erhalten, trieb ihn zu zweifel-

haften Spekulationen mit Grundstücken und Ölfeldern, aus denen ihm bedeutende Verluste erwuchsen.

Relativ viel Geld verlor *R. Diesel* auch bei dem Vorhaben, ein soziales Traumbild zu verwirklichen, das er 1903 mit seinem zweibändigen Werk „Solidarismus" der Öffentlichkeit vorstellte und im Vergleich zu seiner Erfinderleistung persönlich überbewertete. Darin ging es ihm um einen Versuch, die menschliche Gesellschaft umzugestalten: Durch unmerkliche Opfer des gesamten Volkes (jeder Bürger sollte pro Tag einen Pfennig spenden) könne ohne Revolution und Schädigung bourgeoiser Interessen eine allmähliche wirtschaftliche Gesundung aller erreicht werden. Seine Idee fand jedoch wenig Resonanz, zumal soziale Unterschiede darin kaum berücksichtigt wurden. Die meisten Exemplare seines Buches wurden nicht verkauft. *Diesel*, dem die Armut mehrfach zum schmerzlichen Erlebnis geworden war, wollte helfen, ohne die Ursachen der Not großer Teile der Bevölkerung zu erkennen. Dabei ignorierte er die ständig mächtiger werdende Arbeiterbewegung und verkannte deren historische Rolle. *Diesel* glaubte, die antagonistischen Widersprüche des Kapitalismus wären mit „Sammelbüchsenaktionen" zu lösen. Eine solche Auffassung konnte keinesfalls praktisch umgesetzt werden, weil sie von der Nichtkenntnis und folglich Nichtbeachtung objektiver gesellschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ausging. So mußte sie die utopisch-illusionäre Wunschvorstellung eines einzelnen bleiben. Dies sowie die Angst vor dem Skandal einer „Verarmung" — *Diesel* stand kurz vor dem finanziellen Ruin — und seine inzwischen ohnehin stark zerrüttete Gesundheit mögen die Ursache dafür gewesen sein, daß er am Abend des 29. September 1913 während der Überfahrt mit dem Schiff „Dresden" von Antwerpen nach Harwich (England) über Bord ging.

Abrupt endete *Diesels* Leben, nicht aber seine Leistung, denn *Diesels* Idee, eine neue, rationelle Wärmekraftmaschine zu bauen, erwies sich als tragfähig und beständig. Er lieferte den Nachweis für die Richtigkeit seines Erfindergedankens mit dem seit 1893 gebauten Versuchsmotor, der im wesentlichen schon bis 1895 betriebsfähig und wirtschaftlich gemacht wurde. Der erste verkaufsfähige Motor (1897) gab bereits eine Nutzleistung von 17,8 PS (13,1 kW) ab und übertraf mit einem effektiven Wirkungsgrad von 26,2 % alle übrigen damals vorhandenen Kraftmaschinen. Schon wenige Jahre später eroberte sich der *Diesel*motor bleibende Anwendungsgebiete: 1903 wurde der erste Schiffsmotor geliefert, 1906 das erste *Diesel*kraftwerk, und die erste *Diesel*lokomotive ging 1913 auf Fahrt. Heute ist der *Diesel*motor weltweit im Einsatz. Eine kontinuierliche Entwicklung machte ihn zur Verbrennungskraftmaschine mit der besten Energieausnutzung: Der Wirkungsgrad wurde auf über 40 % und die Zylinderleistung bis auf 3000 kW gesteigert. Gegenwärtige Entwicklungstendenzen orientieren sich mehr an der spezifischen Leistungssteigerung als am Bau noch größerer Motoren. So wird der *Diesel*motor gewiß auch in Zukunft für viele Bereiche als Antriebsmaschine aktuell bleiben. Darin bewahrheitet sich *Diesels* Ausspruch: „Der Große lebt nicht für sich, sondern für alle." [4; S. 364]

Lebensdaten zu Rudolf Diesel

1858	Am 18. März als Sohn eines deutschen Handwerkers in Paris geboren
1870 bis 1873	Besuch der Königlichen Kreis-Gewerbeschule in Augsburg
1873 bis 1875	Ausbildung in der mechanisch-technischen Abteilung der Industrieschule in Augsburg
1875 bis 1880	Studium an der Technischen Hochschule in München
1878	*Diesel* erhält auf der Chikagoer Weltausstellung eine Bronzemedaille für sein Exponat „Flächen 2. Ordnung" (18 Gipsmodelle)
1880 bis 1889	Vertreter der *Linde*-Gesellschaft in Paris.
1881	24. September, erstes *Diesel*sches Patent für Herstellung von Klareis in Flaschen
1893	23. Februar, VDI-Jahreshauptversammlung in Kassel: Bekanntgabe der erfolgreich abgeschlossenen Versuche an *Diesel*s Motor; Erteilung des Patents DRP 67207: „Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen" (mit Wirkung vom 28. Februar 1892)
1904	Dr.-Ing. e. h. der TH München
1911	Erster kompressorloser *Diesel*motor mit direkter Einspritzung (Gasmotorenfabrik Deutz)
1913	29. September, Tod Rudolf *Diesel*s

Literaturverzeichnis zu Rudolf Diesel

[1] *Diesel, R.:* Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors. Berlin 1893.

[2] *Diesel, R.:* Solidarismus. Berlin 1903.

[3] *Diesel, R.:* Die Entstehung des Dieselmotors. Berlin 1913.

[4] *Diesel, E.:* Diesel. Der Mensch, das Werk, das Schicksal. Stuttgart 1953.

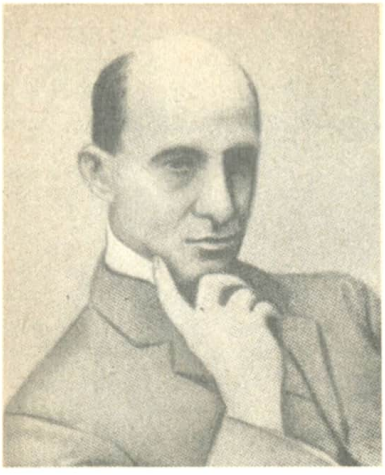
[5] *Hennig, R.:* Buch berühmter Ingenieure. Große Männer der Technik, ihr Lebensgang und ihr Lebenswerk. Berlin 1923.

[6] *Kirchberg, P.:* Rudolf Diesel. In: Deutsche Forscher aus sechs Jahrhunderten. Lebensbilder von Ärzten, Naturwissenschaftlern und Technikern. Leipzig 1966, S. 349—353.

[7] *Matschoß, C.:* Rudolf Diesel. In: Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. München/Berlin 1937, S. 267—272.

[8] *Reichelt, J.:* Rudolf Diesel. Ein Beitrag zum Gedenken anläßlich seines 100. Geburtstages. In: Kraftfahrzeugtechnik, Berlin 8 (1958) 3, S. 84—89.

[9] *Sittauer, H. L.:* Nicolaus August Otto und Rudolf Diesel. Leipzig 1978 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 32)



Wilbur Wright

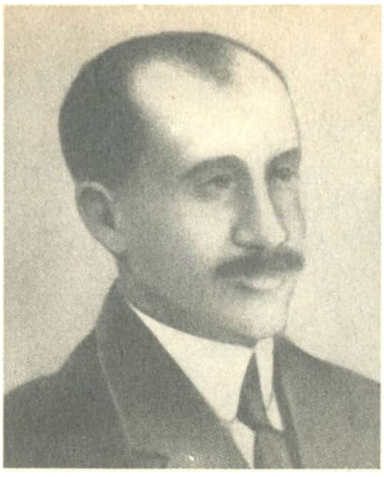
Wilbur Wright (1867 bis 1912) und Orville Wright (1871 bis 1948)

Die Brüder *Wilbur* und *Orville Wright* wurden unter den in den USA um die Jahrhundertwende äußerst günstigen Bedingungen für technische Neuerungen die Begründer des Motorfluges. Sie konstruierten, erbauten und erprobten erfolgreich den ersten frei fliegenden, mit eigener Kraft vorwärtsbewegten Flugapparat, der schwerer war als die Luft.

Mit der Erfindung des Motorflugzeuges begründeten die Brüder *Wright* zu Beginn des 20. Jh. jene Hauptrichtung flugtechnischer Entwicklung, die sich gegenüber den Luftschiffen bald als überlegen erwies und bis heute im zivilen Luftverkehr wie auch in der Militärluftfahrt eindeutig dominiert.

Wilbur Wright wurde am 16. April 1867 in Henry County (Indiana) und *Orville* am 19. August 1871 in Dayton (Ohio) als dritter bzw. vierter Sohn eines protestantischen Bischofs geboren. Die Brüder *Wright* erinnerten sich daran, daß sie für Probleme der Flugtechnik erstmals interessiert wurden, als ihnen ihr Vater im Sommer 1878 ein Schraubenflieger-Spielzeug, einen sog. „Helicoptere", schenkte, den die Brüder nachbauten, nachdem das Original entzweigegangen war. Hinzu kam, daß in den USA seit den Versuchen *Benjamin Franklins* (1706 bis 1790) zu elektrischen Entladungen das Steigenlassen selbstgebastelter Drachen vor allem unter der Jugend äußerst populär war. Auch die Brüder *Wright* ließen immer wieder solche Drachen steigen.

Durch die ökonomischen Folgen des nordamerikanischen Bürgerkrieges (1861 bis 1865) verarmt, konnte Bischof *Milton Wright* (1828 bis 1917) seinen Söhnen *Wilbur* und *Orville* kein Studium ermöglichen. Nachdem die Brüder sich am Ende der 80er Jahre zunächst journalistisch betätigt und sogar eine eigene Zeitung gegründet hatten, für die sie alle wesentlichen Arbeiten hin bis zum Vertrieb selbst erledigten, wollten sie eine Fabrik für Verbrennungsmotoren gründen. Dieses Vorhaben scheiterte, da ihnen kein Kapital zur Verfügung stand. Statt dessen eröffneten sie 1890 in Dayton (Ohio) eine Reparaturwerkstatt für Fahrräder, die sie so gut führten, daß sich dar-



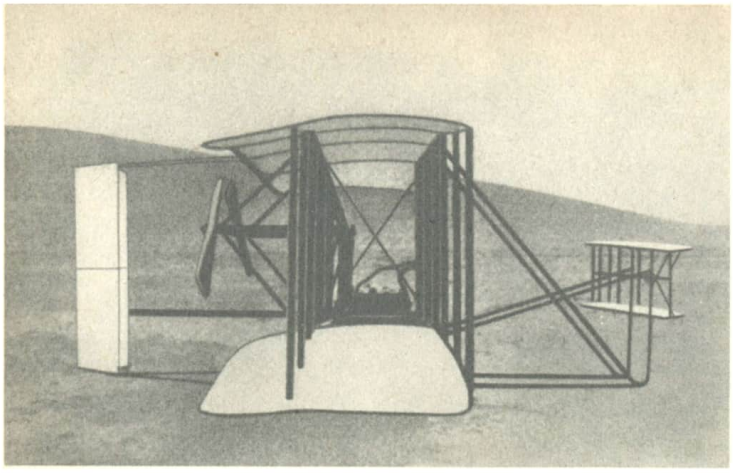
Orville Wright

aus drei Jahre später eine Fahrradfabrik entwickelt hatte, deren Produkte wegen ihrer technischen Solidität sehr konkurrenzfähig waren.

Die Brüder *Wright* waren durch eigene Anstrengungen zu hervorragenden Mechanikern geworden. Von ihren Zeitgenossen werden sie als bescheiden, fleißig, pünktlich und — ohne spezielles Studium — vielseitig gebildet eingeschätzt. Sie führten ein einfaches, ja spartanisches Leben und galten als gute Sportsleute, die nie die Ruhe verloren und stets geistesgegenwärtig reagierten.

W. und *O. Wright* waren Bewunderer des deutschen Ingenieurs und Pioniers des Gleitfluges *Otto Lilienthal* (1848 bis 1896). Tief erschüttert von der Nachricht, daß *Lilienthal* seinen Verletzungen durch einen Absturz erlegen war, beschlossen die Brüder *Wright*, nach den Ursachen dieses Unglücks zu forschen und einen sichereren Flugapparat zu konstruieren. Dabei gingen sie außerordentlich systematisch vor; zugleich bewiesen sie viel Ausdauer, Klugheit und Konsequenz. Zunächst studierten sie alle ihnen zugängliche flugtechnische Literatur, vor allem die Schriften von *Octave Chanute* (1832 bis 1910), *James Means* (1853 bis 1920), *Louis-Pierre Mouillard* (1834 bis 1897) und *O. Lilienthal*. „*Mouillard* und *Lilienthal*, die großen Propheten des Fluges erfüllten uns mit ihrer unauslöschlichen Begeisterung und verwandelten die bloße Neugier in den Eifer von Schaffenden", schrieben die Brüder *Wright* später in ihrer Autobiographie. [zit. nach 5; S. 234] Am 30. Mai 1899 wandte sich *Wilbur Wright* an das Smithsonian Institute in Washington mit der Bitte um Nachweis weiterer flugtechnischer Literatur. In diesem Brief brachte er seine Überzeugung zum Ausdruck, „daß der Flug des Menschen möglich und praktisch realisierbar ist". Um diesem Ziel näherzukommen, verwende er alle Zeit, die ihm sein Betrieb lasse, auf das intensive Studium flugtechnischer Probleme. „Es ist mein Wunsch", betonte er abschließend, „mir alles anzueignen, was darüber schon bekannt ist, um dann nach Möglichkeit mein Scherflein zum schließlichen Erfolg eines künftigen Erfinders beizutragen." [3; S. V]

Nach ihren theoretischen Studien, die die Brüder *Wright* mit intensiven Naturbeobachtungen verbanden, konstruierten sie einen Doppeldecker-Gleitapparat, an dem sie ihre erste wichtige flugtechnische Erfindung verwirklichten: die Verwin-



Das erste Wright-Motorflugzeug (1903); Flugrichtung von links nach rechts

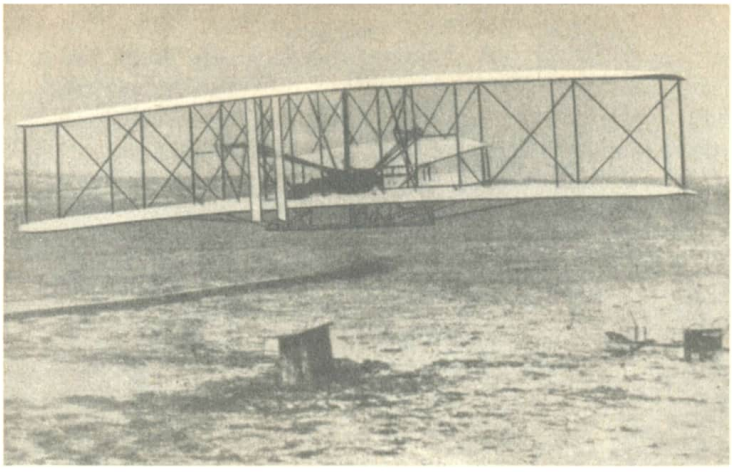
dung der Tragflächen, wodurch deren waagerechte Lage immer wieder hergestellt wird. Nach dem Urteil des deutschen Flugzeugkonstrukteurs *Edmund Rumpler* (1872 bis 1940) hat diese Erfindung, „welche direkt dem Vogelflug nachgebildet ist, ... hauptsächlich dazu beigetragen, die großen Erfolge der Brüder *Wright* herbeizuführen". [4; S. 335 f.] Im Oktober 1900 erprobten die Brüder *Wright* ihren Doppeldecker-Gleitapparat — vorerst noch unbemannt — auf dem von ihnen inzwischen erworbenen Gelände am Kill Devil Hill bei Kitty Hawk (North Carolina) an der Küste des Atlantik.

Im Sommer des folgenden Jahres erprobten sie diesen inzwischen verbesserten Flugapparat in bemannten Gleitflügen bis zu 100 m Länge und gegen den Wind von bis zu 10 m/s, wobei der Pilot in dem Apparat — Gesicht nach vorn — lag.

Auf Einladung der *Wrights* besuchte sie im Herbst 1901 auch *O. Chanute*, der inzwischen 60jährige „große alte Mann" der amerikanischen Fliegerei, in ihrem Lager bei Kitty Hawk. Zusammen mit seinem Assistenten *Augustus M. Herring* (gest. 1926) half *Chanute* den *Wrights* uneigennützig, ihren Gleiter zu verbessern und war, nachdem er Zeuge ihrer zielstrebigen Flugversuche geworden war, bis zu seinem Tode deren begeisterter Fürsprecher nicht nur in den USA, sondern vor allem auch in Europa.

Bei den Flügen des Jahres 1901 machten die *Wrights* eine weitere für die Zuverlässigkeit der Steuerung sehr wichtige flugtechnische Entdeckung: Sie erkannten das negative Wendemoment, als sie versuchten, Kurven nur mittels der Verwindung der Tragflächen und ohne Benutzung eines Seitenruders zu fliegen. Durch Anbringen eines beweglichen Seitenruders und synchrone Ausschläge von Verwindung und Seitenruder gelang es ihnen, das negative Wendemoment aufzuheben. Nun waren sie imstande, mit ihrem Flugapparat beliebig zu manövrieren.

Alfred Hildebrandt, der die erste Würdigung von *W.* und *O. Wright* in Deutschland verfaßte, charakterisierte die Brüder, nachdem er sie in den USA selbst kennengelernt hatte, folgendermaßen: „Man hat das Gefühl, daß man Leute vor sich hat, auf die man sich in jeder Beziehung und in allen Lagen des Lebens verlassen kann ... Ihre Ruhe verlieren sie nie, nie ließen sie sich zu etwas drängen, das

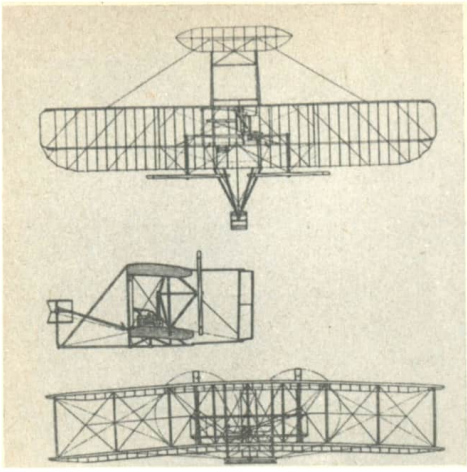


Erster Motorflug in der Geschichte am 17. 12. 1903

sie nicht wollten; nie ließen sie sich verleiten, einen Flugversuch zu wagen, in einem Wetter, das ihnen ungünstig war." [2; S. 10f.]

Die *Wrights* maßen praktischen Flugversuchen eine erstrangige Bedeutung zu. *W. Wright* formulierte als Grundsatz: „Wenn man vollkommene Sicherheit will, tut man gut daran, sich an ein Fenster zu setzen und die Vögel zu beobachten — wenn man aber wirklich etwas lernen will, muß man einen Flugapparat besteigen und sich durch praktische Versuche mit seinen Eigenheiten vertraut machen." [5; S. 237] Getreu diesem Grundsatz führten *Wilbur* und *Orville Wright* in den Jahren 1901 bis 1903 eine Vielzahl von Gleitflügen mit ihrem Doppeldecker-Gleiter durch, davon allein im Jahre 1902 rund tausend, deren längster 622,5 m bei einer Flugdauer von 26 s betrug. Nach diesen erfolgreichen Gleitflügen faßten die *Wrights* den Entschluß, ihren Flugapparat mit einem Motor auszurüsten. Da sie keinen passenden Motor vorfanden, konstruierten sie in kürzester Zeit einen nur 110 kg schweren wassergekühlten Vierzylinder-Viertakt-Benzinmotor, der 12 PS leistete und zu den besten seiner Zeit zählte. Ebenso konstruierten sie eine Luftschraube mit hohem Wirkungsgrad. Zur Kompensation der Kreiselbewegung verwendeten sie zwei gegenläufige Luftschrauben, die über Ketten angetrieben wurden, die im Interesse eines ruhigen Laufes und zur Vermeidung von Schwingungen in Rohren liefen.

Am Vormittag des 17. Dezember 1903 startete *Orville Wright* zum ersten erfolgreichen Motorflug eines Menschen; er startete direkt gegen den Wind und erreichte nach 12 s in 2,5 bis 3 m Höhe eine Weite von 53 m. Ihm unmittelbar folgt *Wilbur* mit seinem Erstflug. Insgesamt absolviert jeder der Brüder an diesem Tage zwei Flüge, von denen der längste bereits 59 s dauert und 255 m weit führt. Verglichen mit dem Vogelflug nahm sich dieses Ergebnis zwar bescheiden aus, aber, so bemerkte *Orville Wright* später treffend, es sei das erste Mal in der Weltgeschichte gewesen, daß „eine Maschine mit einem Menschen sich selbst durch ihre eigene Kraft in freiem Flug in die Luft erhoben hatte, in waagerechter Bahn vorwärts geflogen und schließlich gelandet war, ohne zum Wrack zu werden". [zit. nach 4; S. 240] Die Geschichte des Motorfluges der Menschheit hatte begonnen. Das von den Brüdern *Wright* geschaffene erste erfolgreiche Motorflugzeug hatte eine Spann-



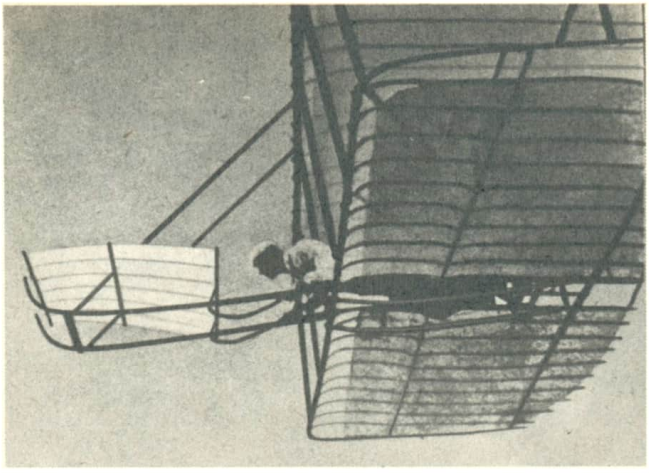
Skizze des ersten erfolgreichen Motorflugzeugs (1903)

weite von 12,3 m, eine Länge von 6,4 m und eine Höhe von 2,8 m. Es war aus Holz, mit Stoff bespannt und hatte ein Fluggewicht von 340,5 kg.

In den Jahren 1904 und 1905 vervollkommneten *W.* und *O. Wright* ihr Flugzeug weiter, führten allein im Jahre 1904 nicht weniger als 105 Flüge durch und stellten dabei immer neue Rekorde auf. So vollzog *W. Wright* am 20. September 1904 den ersten Kreisflug in der Geschichte des Motorfluges, indem er wieder am Startplatz landete. Am 1. Dezember 1904 nahm erstmalig ein zusätzlicher Fluggast an einem Flug über 4,5 km Entfernung bei einer Geschwindigkeit von 51 km/h teil. Am 4. Oktober 1905 absolvierte *O. Wright* in Dayton mit 33 min 17 s den ersten Motorflug über eine halbe Stunde. 1904 führten die *Wrights* auch den Start von einem Holz-Katapult ein, das mit einem 700 kg schweren Fallgewicht den Start auch bei geringer Windstärke sicherte. Seit 1905 haben die Brüder *Wright* ihre Erfindung immer wieder der Regierung der USA und verschiedenen europäischen Regierungen angeboten. Doch niemand war bereit, ihnen die geforderte Million zu zahlen. Der erste Vertrag kam 1908 mit der USA-Regierung zustande und sah für jedes gelieferte Flugzeug einen Betrag von 25 000 Dollar vor.

1905 wurde der Motorflug auch in Europa schrittweise gemeistert. Am 18. März 1906 schaffte der Rumäne *Traian Vuia* (1872 bis 1950) in Frankreich mit dem von ihm konstruierten Motorflugzeug einen Sprung von 12 m; am 12. September 1906 sprang der Däne *Ellehammer* mit seinem Motorflugzeug auf der Insel Lindholm 40 m weit und der Brasilianer *Alberto Santos-Dumont* (1873 bis 1932), der mit seiner Konstruktion am 13. September 1906 in Frankreich 60 m weit gesprungen war, flog im November desselben Jahres bereits 220 m weit. Zwei Jahre später, am 30. Oktober 1908, gelang dem Franzosen *Henry Farman* (1874 bis 1958) der erste Überlandflug von Bouy nach Reims über 27 km in 20 min.

Aus diesem Grunde verstärkten die Brüder *Wright* ihre Anstrengungen, um ihren zu dieser Zeit noch eindeutigen Vorsprung vor allem in Europa zu demonstrieren und ihre Erfindung mit Gewinn zu verwerten. Nach einer ergebnislosen Reise *Wilbur Wrights* nach Frankreich im Jahre 1907 (er hatte weder Flugzeug noch technische Unterlagen mitgenommen, um das Geheimnis der *Wright*schen Kon-



Wilbur Wright
im Fluge

struktion zu wahren), brachte das Jahr 1908 begeisterte Anerkennung für die technische Leistung der Brüder *Wright* nicht nur in den USA, sondern auch in Europa.
Am 9. September 1908 führte *Orville Wright* bei Fort Myer (Virginia) den ersten Motorflug von über einer Stunde Dauer durch. Am 12. September flog er, von einem Offizier begleitet (also mit doppelter Belastung des Flugzeugs), länger als 9 min. Fünf Tage später stürzte *O. Wright*, der wiederum mit einem Offizier gestartet war, infolge eines Risses eines Steuerdrahtes aus 30 m Höhe ab und erlitt eine komplizierte Schenkelfraktur, während der ihn begleitende Offizier tot war. Sein Bruder *Wilbur* führte seit Sommer 1908 in Frankreich zahlreiche Demonstrationsflüge durch, wobei er ebenfalls neue Rekorde aufstellte. So flog er am 18. Dezember 1908 in Anvours erstmalig in über 100 m Höhe, stellte am 31. Dezember mit einem Flug von 2 Stunden und 20 Minuten den Dauerweltrekord ein und blieb mit einem Fluggast 1 Stunde und 9 Minuten in der Luft. Damit gewann er u. a. den Michelin-Preis in Höhe von 20000 Francs. [vgl. 2; S. 55]
Insgesamt bedeutete das Jahr 1908 das Jahr der vollen Anerkennung des Motorfluges in der Öffentlichkeit. Die Technik des Motorfluges, begründet von den Brüdern *Wright*, bewährte sich praktisch und konnte nunmehr ihren Platz neben der Luftschiffahrt behaupten.
Das Jahr 1909 brachte zahlreiche Ehrungen für die Brüder *Wright*, und dies nicht nur in den USA. Am 6. März 1909 erfolgte ihre Ehrenpromotion durch die TH München. Im Juni des gleichen Jahres wurden *W.* und *O. Wright* durch die Stadt Dayton, den Staat Ohio und die Regierung der USA Ehrenmedaillen überreicht. Auf Einladung des Verlages Scherl reiste der inzwischen gesundheitlich wiederhergestellte *Orville Wright* nach Deutschland und führte vom 4. bis 18. September begeisternde Schauflüge über dem Tempelhofer Feld bei Berlin durch, wobei er 172 m Höhe erreichte und zusammen mit einem Fluggast 1 Stunde und 35 Minuten flog.
In den folgenden Jahren wurde um die Patentrechte der Brüder *Wright* ein erbitterter Kampf geführt. Seitdem der Franzose *Louis Blériot* (1872 bis 1936) 1909 den Eindecker erfunden hatte und mit seinem Flugzeug am 25. Juli des gleichen Jahres

in 31 min den Kanal zwischen Calais und Dover überquert hatte, begann sich der Bau von Motorflugzeugen in allen Industriestaaten stürmisch zu entwickeln. In diesem Zusammenhang wurden immer mehr Erfindungen gemacht. — Ausdruck dafür, daß die nun einsetzende breite Entwicklung des zivilen und militärischen Flugwesens dem erreichten Entwicklungsstand der Produktivkräfte in allen kapitalistischen Industrieländern entsprach.

Am 30. Mai 1912 verstarb *Wilbur Wright* an Typhus. Sein Bruder *Orville* widmete auch sein weiteres Leben technischer Forschung und Entwicklung, ohne allerdings noch einmal eine Erfindung zu machen, die weltweit Aufsehen erregt hätte. *Orville Wright* lebte hochgeehrt bis zu seinem Tode am 30. Januar 1948 in seinem Geburtsort Dayton (Ohio).

Das von den Brüdern *Wright* gebaute erste Motorflugzeug der Welt befand sich von 1928 bis 1948 als Leihgabe im Wissenschaftsmuseum in London. Seitdem hat es seinen Platz im Nationalen Luftfahrt-Museum der USA in Washington gefunden.

Lebensdaten zu Wilbur und Orville Wright

1867	16. April, *W. Wright* in Henry County (Indiana) geboren
1871	19. August, *O. Wright* in Dayton (Ohio) geboren
1888 bis 1890	*Wilbur* und *Orville Wright* sind journalistisch tätig und gründen eine Zeitung
1890	*W.* und *O. Wright* gründen eine Fahrradreparaturwerkstatt
1896	*W.* und *O. Wright* beginnen mit dem intensiven Studium flugtechnischer Literatur
1900	*W.* und *O. Wright* erfinden die Verwindung der Tragflächen und bauen einen Doppeldecker-Gleitapparat
1901 bis 1903	*W.* und *O. Wright* führen mehr als 1000 bemannte Gleitflüge durch
1902	Konstruktion eines leistungsstarken Motors und einer effektiven Luftschraube für den Doppeldecker-Gleitapparat
1903	*W.* und *O. Wright* vollführen am Kill Devil Hill bei Kitty Hawk am 17. Dezember die vier ersten Motorflüge der Menschheit
1904	20. September, *W. Wright* vollendete den ersten Kreisflug
1905	4. Oktober, *O. Wright* absolviert in Dayton den ersten Motorflug über eine halbe Stunde
1908	9. September, *O. Wright* fliegt bei Fort Myer als erster über eine Stunde 18. Dezember, *W. Wright* fliegt in Anvours auf über 100 m Höhe 31. Dezember, *W. Wright* fliegt in Anvours 2 Stunden und 20 Minuten
1909	4. — 18. September, *O. Wright* veranstaltet Schauflüge über dem Tempelhofer Feld bei Berlin und erreicht dabei 172 m Höhe
1912	*W. Wright* stirbt am 30. Mai an Typhus
1948	*O. Wright* verstirbt am 30. Januar

Literaturverzeichnis zu Wilbur und Orville Wright

[1] *Wright, W. und O. Wright:* Die Erfindung des Fliegens. In: H. Adam: Flug. Leipzig 1909.

[2] *Hildebrandt, A.:* Die Brüder Wright. Eine Studie über die Entwicklung der Flugmaschine von Lilienthal bis Wright. Berlin 1909.

[3] *Means, J. H.:* James Means and the Problem of Manflight. During the Period 1882—1920. Washington D. C. 1964.
[4] *Rumpler, E.:* Flugmaschinen. In: Wir Luftschiffer. Die Entwicklung der modernen Luftschiffahrt in Einzeldarstellungen. Hrsg. v. Dr. Bröckelmann, Berlin und Wien 1909.
[5] *Wissmann, G.:* Geschichte der Luftfahrt von Ikarus bis zur Gegenwart. Eine Darstellung der Entwicklung des Fluggedankens und der Luftfahrttechnik. Berlin 1960.
[6] *Kelly, F. O.:* Die Brüder Wright. Stuttgart 1947.
[7] *Combs, H.:* Brüder des Winds. Orville und Wilbur Wright — ihr Traum vom Fliegen. Königstein (Taunus) 1981.

Sergej Pawlowitsch Koroljow (1907 bis 1966)

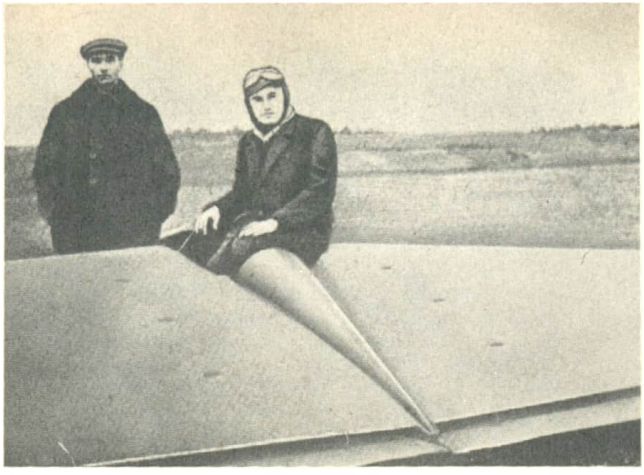
Die Geschichte der modernen Raumfahrt- und Kosmosforschung ist untrennbar mit dem Namen des Chefkonstrukteurs sowjetischer Trägerraketen und Raumflugkörper *Koroljow* verbunden. Als einer der Schüler von *K. E. Ziolkowski* (1857 bis 1935) verwirklichte er dessen kühne Pläne zur Eroberung des Kosmos durch den Menschen.

Sergej Pawlowitsch Koroljow wurde am 12. Januar 1907 (nach altem Kalender am 30. 12. 1906) in Shitomir in einer Gymnasiallehrerfamilie geboren. Seine Kindheit und Jugend wurden von den schweren Jahren des Bürgerkrieges überschattet. Der Sieg der sozialistischen Revolution in der UdSSR ermöglichte ihm eine solide Ausbildung. Aus Begeisterung für das Flugwesen trat der 16jährige *Koroljow* einem Segelfliegerzirkel bei; von diesem Zeitpunkt an widmete er den größten Teil seiner Zeit und seiner Kraft dem Flugwesen, der Luft- und der Raumfahrt. Nach einer Lehre als Dachdecker in Odessa begann er 1924 am Kiewer Polytechnischen Institut zu studieren. Daneben arbeitete er in einem Zirkel zum Bau von Übungssegelflugzeugen. Um Flugzeugingenieur werden zu können, ließ er sich 1926 an die Moskauer Technische Hochschule (MTH) versetzen, die er 1930 mit dem Diplom als Ingenieur-Flugmechaniker abschloß. Die MTH setzte die Traditionen des „Vaters der russischen Luftfahrt" (wie *Wladimir Iljitsch Lenin* [1870 bis 1924] ihn nannte) *Nikolai Jegorowitsch Shukowski* (1847 bis 1921) — fort, der an der MTH erstmalig den Unterricht über das Flugwesen eingeführt hatte und dessen Schüler, die bedeutenden Wissenschaftler und Konstrukteure *Sergej Alexejewitsch Tschaplygin* (1869 bis 1942) und *Andrej Nikolajewitsch Tupolew* (1888 bis 1972) dort wirkten. *Tupolew* ist als Konstrukteur der ersten Ganzmetallflugzeuge „AN" und der nach 1945 gebaute Verkehrsflugzeuge vom Typ TU bekannt. Er arbeitete zusammen mit *Tschaplygin* am ZAGI (zentrales Aerohydrodynamisches Institut), das 1918 von *Shukowski* gegründet wurde. *Tschaplygin*, der das ZAGI ab 1921 leitete, arbeitete zur Hydromechanik, theoretischen Mechanik und Gasdynamik sowie zur Theorie der Differentialgleichungen und zu Anwendungen der Theorie komplexwertiger Funktionen. Unter Leitung *Tupolews* schrieb *Koroljow* seine Diplomarbeit „Die Konstruktion des Flugzeugs SK-4". Ein Charakterzug *Koroljows* war bereits in dieser Zeit deutlich ausgeprägt: seine große Energie; so arbeitete er als Konstrukteur in einem Flugzeugwerk, studierte an der MTH und baute weiter Segelflugzeuge. Nach der soliden praktischen und theoretischen (besonders mathematischen) Aus-

Sergej Koroljow

bildung an der MTH arbeitete *Koroljow* von Juli 1930 bis September 1933 als Oberingenieur am ZAGI. Die Jahre 1929 bis 1931 waren für seinen weiteren Lebensweg bestimmend, er lernte die Ideen des „Träumers aus Kaluga" — *K. E. Ziolkowski* — kennen. Beim Studium der Arbeiten *Ziolkowskis* gewann *Koroljow* die Überzeugung, daß dessen Ideen in näherer Zukunft verwirklicht werden könnten. *Koroljows* Stil, auch bei ausgefallenen Ideen nach neuen praktischen Lösungswegen zu suchen, veranlaßte ihn, sich zunächst mit dem Einbau eines Flüssigkeits-Raketentriebwerks in ein Segelflugzeug zu beschäftigen. Für die Projektierung und den Bau von Segelflugzeugen hatte *Koroljow* seit 1924 hinreichend Erfahrungen sammeln können. Probleme des Raketenantriebs und des Baus von Flüssigkeitsraketen untersuchte ab 1931 eine Gruppe junger enthusiastischer Ingenieure und Wissenschaftler, die sich in der GIRD (Gruppe zum Studium der Rückstoßbewegung) vereinigten, die beim Zentralrat der Osowiachim gegründet worden war. (Die Osowiachim war eine Massenorganisation zur Förderung der Verteidigung und zur Entwicklung von Flugwesen und Chemisierung, die von 1927 bis 1948 bestand.) *Koroljow* wurde bald Leiter der GIRD, deren Arbeit auch vom Stellvertreter des Volkskommissars für Verteidigug der UdSSR, Marschall *Michail Nikolajewitsch Tuchatschewski* (1893 bis 1937), unterstützt wurde.

Am 17. 8. 1933 erfolgte der erste Start einer sowjetischen Rakete mit flüssigem Brennstoff. Für *Koroljow* und seine Kollegen begannen Jahre der Arbeit in der Raketenforschung, als im Herbst 1933 das erste wissenschaftliche Raketenforschungsinstitut (RNII) auf der Basis des Leningrader Gasdynamischen Laboratoriums — der ersten wissenschaftlichen Forschungsgruppe für Versuchskonstruktionen in der Raketentechnik — und der GIRD gegründet worden war. Über die Aufgabengebiete des RNII schrieb *Koroljow* in einem Brief 1935: „Das RNII befaßt sich mit dem ganzen Komplex von Fragen, die mit der Schaffung verschiedener Raketenflugkörper zusammenhängen, mit einer Reihe besonderer Fälle der Anwendung von Raketentriebwerken sowie zahlreichen Neben- und Begleituntersuchungen. Wir arbeiten an der Entwicklung von Raketentriebwerken mit unterschiedlichsten Brennstoffen, an der Entwicklung von Stratosphären-Raketen und



Koroljow
in Pilotenuniform
(1929)

an der Entwicklung von Flügelraketen für den Flug des Menschen ..." [zit. nach 1; S. 97]

Das Interesse, das die sowjetische Wissenschaft und die gesamte Gesellschaft den Fragen der Raketenforschung entgegenbrachte, verdeutlichte die „1. Allunionskonferenz zum Studium der Stratosphäre", die vom 31. 3. bis 6. 4. 1934 in Lenigrad stattfand. An der Konferenz nahmen sowohl Wissenschaftler als auch Vertreter der Osowiachim sowie der Luftstreitkräfte und der Zivilluftfahrt teil. Die Konferenz eröffnete *Sergej Iwanowitsch Wawilow* (1891 bis 1951), von 1945 bis 1951 Präsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR; *Ziolkowski* sandte ein Grußschreiben. *Koroljow* widmete seinen Vortrag besonders den Fragen eines Fluges von Menschen in den Kosmos. [vgl. 1; S. 79—82] Im Jahre 1934 erschien auch *Koroljows* Buch „Der Raketenflug in die Stratosphäre", das sich das Ziel setzte, die Ideen der Raketentechnik zu popularisieren. [vgl. 1; S. 83—88] Er betonte darin die Verdienste der Arbeiten von *Ziolkowski*, die er inzwischen studiert hatte. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß sich *Koroljow* der Konsequenzen der Raketenforschung in den imperialistischen Staaten frühzeitig bewußt war. Er warnte 1934: „Man muß verstehen, daß in den imperialistischen Staaten die Rakete am wenigsten wissenschaftlichen und Forschungszwecken dienen wird. Ihre Hauptaufgabe wird in der militärischen Anwendung bestehen, wobei sich beträchtliche Flughöhen und Flugweiten gerade als für diese Zwecke wertvolle Eigenschaften erweisen." [1; S. 87] *Koroljows* Buch schloß eine Lücke in der damaligen Literatur über die Raketentechnik und fand auch *Ziolkowskis* Zustimmung.

Nach 1936 beschäftigte sich das RNII mit der Konstruktion und dem Bau sog. Raketenflugzeuge, d. h. von Flugzeugen, in die ein Raketentriebwerk eingebaut wurde. Die Flugtests des unter *Koroljows* Leitung gebauten Raketenflugzeugs RP — 318-1 wurden im Februar 1940 erfolgreich durchgeführt.

In den Jahren des Großen Vaterländischen Krieges arbeitete *Koroljow* in einem Versuchskonstruktionsbüro an der Vervollkommnung der Kampfflugzeuge mit Hilfe von Flüssigkeitsraketentriebwerken. Auch in jenen Jahren kümmerten sich Partei und Regierung um wissenschaftliche Forschung zur Verbesserung der

Kriegstechnik wie auch um Forschungen für die Zukunft. In dieser Zeit arbeitete eine Reihe sowjetischer Wissenschaftler und Ingenieure zusammen mit *Koroljow* an der Verbesserung der Flugzeuge, darunter *Alexej Michailowitsch Isajew* (1908 bis 1971) [vgl. 3], der später unter Leitung *Koroljows* wesentliche Beiträge zur Kosmosforschung leistete.

Nach Beendigung des Krieges konnte sich *Koroljow* wieder ausschließlich mit der Raketenforschung beschäftigen. 1946 wurde er Chefkonstrukteur einer der Institutsabteilungen für die Projektierung ballistischer Raketen, die bald zu einem selbständigen Konstruktionsbüro umgewandelt wurde. Seit dieser Zeit war *Koroljow* der „Chefkonstrukteur", und nur unter dieser Bezeichnung wurde von ihm anläßlich der ersten grandiosen Erfolge bei der Erschließung des Weltraums berichtet; seinen wirklichen Namen erfuhr die Welt erst später. [vgl. 4; S. 44—47, 1; S. 7]

Koroljows Kollektiv erhielt von der Partei und der sowjetischen Regierung den Auftrag, in kurzer Zeit ballistische Raketen zu bauen. Dabei traten seine Charaktereigenschaften wie Energie, Arbeitseifer und Unrast deutlich zutage. Einer seiner Mitarbeiter erinnerte sich: „‚Eine Sache ankurbeln', das liebte er. Unter einem Mißerfolg litt er physisch, könnte man sagen ... Er trennte die Physik nicht von der Psychologie. Ging die Sache schlecht, konnte er nicht ruhig bleiben. Er sagte: ‚Man kann nicht; wenn man nach Hause kommt, einfach vergessen, daß es um die Technik schlecht bestellt ist.' Es gab keine Gutmütigkeit und keine Anmaßung. Nur immer vorwärts, alles für das eine — die Raketen können besser sein!" [1; S. 136] Der Bau ballistischer Raketen in den Jahren nach 1945 und die Entwicklung der ersten Kern- und Raketenwaffen erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem Kollektiv um den hervorragenden Physiker *Igor Wassilewitsch Kurtschatow* (1903 bis 1960), wodurch das Atombombenmonopol der USA gebrochen und der sichere Schutz des Sozialismus gewährleistet werden konnte. In den Jahren 1953 bis 1957 arbeitete das Konstruktionsbüro *Koroljows* an der Konstruktion und dem Bau interkontinentaler Raketen. Schritt für Schritt kam man der Verwirklichung von *Koroljows* Traum und Lebensziel näher — dem Start eines Menschen in den Kosmos. Was in diesem Zeitraum wissenschaftlich, technisch und auch organisatorisch vom Konstruktionsbüro und seinem Chefkonstrukteur geleistet wurde, nötigt Bewunderung und Hochachtung ab. Dabei war *Koroljow* kein einseitiger Techniker oder Konstrukteur; er war vor allem auch ein ausgezeichneter Organisator, ein strenger, aber gerechter und sehr aufmerksamer Leiter seines großen Kollektivs.

Koroljow beschäftigte sich auch eingehend mit dem Studium der Gesellschaftswissenschaften; so absolvierte er 1948 bis 1950 die Abenduniversität für Marxismus-Leninismus beim Stadtkomitee der KPdSU. Im Jahre 1953 wurde er Mitglied der KPdSU und zum korrespondierenden Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR gewählt. 1958 wurde er Ordentliches Mitglied und Mitglied des Präsidiums der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

Seine Verdienste um den Aufbau der sowjetischen Raketentechnik fanden vielfache Anerkennung: 1956 wurde er „Held der sozialistischen Arbeit". 1957 erhielt er den Leninorden.

Koroljow arbeitete eng mit zwei bedeutenden Wissenschaftlern zusammen, mit dem Atomwissenschaftler *I. W. Kurtschatow* und dem Mathematiker, dem „Theoretiker

Koroljow, Kurtschatow und Keldysch (v. l.)

der Kosmonautik", *Mstislaw Wsewolodowitsch Keldysch* (1911 bis 1978), der 1961 bis 1975 Präsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR war.

Koroljow zeichnete als Leiter seines Kollektivs aus, daß er ständig um die nötige Sicherheit der Konstruktionen bemüht war. Ein Risiko, insbesondere bei der Vorbereitung der Flüge der Kosmonauten, ging er nie leichtfertig ein. Mit den Kosmonauten, besonders mit *Juri Alexejewitsch Gagarin* (1934 bis 1968), verband ihn eine enge herzliche Freundschaft.

Koroljows wissenschaftliches Denken war durch Kühnheit, Weitsicht, Vorausschau und Optimismus gekennzeichnet. Er war ein sehr anspruchsvoller Leiter. „Denken Sie nach!" forderte er ständig von sich und seinen Mitarbeitern und „Wer an die Arbeit nur während der Arbeitszeit denkt, der hat im Konstruktionsbüro nichts zu suchen." [1; S. 225, 228]

Am 4. Oktober 1957 wurde „Sputnik 1" von Baikonur aus gestartet und auf eine Erdumlaufbahn gebracht. Der erste Schritt in den Kosmos war vollzogen. Dieser Start bedeutete zugleich das Ende des US-amerikanischen Dogmas ihrer angeblichen technischen Überlegenheit; die USA erlebten den „Sputnikschock". Mit „Sputnik 1" begann unser kosmisches Zeitalter.

Nur einen Monat später, am 3. 11. 1957 startete „Sputnik 2" mit der Hündin Laika als erstem Lebewesen in den Kosmos. Durch mehrere kosmische Flugkörper mit Hunden an Bord, wobei der Start, die Bedingungen der Schwerelosigkeit und die sichere Rückkehr zur Erde getestet wurden, konnte der Start des Menschen in das All vorbereitet werden. Am 12. 4. 1961 startete *J. A. Gagarin* als erster Mensch in den Kosmos. Seither wird dieser Tag als „Internationaler Tag der Raumfahrt" in der Welt begangen.

Unter *Koroljows* unmittelbarer Leitung starteten noch die Raumschiffe „Wostok 2" bis „Wostok 6" (mit *Walentina Tereschkowa*; geb. 1937, als erster Frau an Bord) sowie die Raumschiffe „Wos-chod 1" (mit der ersten Wissenschaftlerbesetzung) und „Wos-chod 2" (während des Fluges stieg *Alexej Archipowitsch Leonow*, geb. 1934, als erster Mensch in den freien Raum aus) in den Kosmos und realisierten wichtige Schritte des sowjetischen Kosmosforschungsprogramms.

Juri Gagarin im Gespräch mit Koroljow (1961)

Darüber hinaus wurden die Flüge zum Mond fortgesetzt und eine Station zur Venus gestartet. [vgl. 6]

In der ganzen Welt war man über die Erfolge der sowjetischen Kosmosforschung begeistert, während der Chefkonstrukteur bereits neue Pläne schmiedete. Er dachte an die Schaffung von Raumstationen, in denen die verschiedensten wissenschaftlichen und technischen Arbeiten ausgeführt werden könnten — Gedanken, die dank der Erfolge seiner Schüler und Mitarbeiter inzwischen z. T. bereits realisiert werden konnten.

Koroljow hat bekannte Nachfolger, darunter die Kosmonauten *Konstantin Petrowitsch Feoktistow* (geb. 1926), am 12. 10. 1964 mit „Wos-chod 1" zu einem 24stündigen Weltraumflug gestartet, Professor und Konstrukteur in *Koroljows* Kollektiv, und *Alexej Stanislawowitsch Jelissejew* (geb. 1934), der 1969 an Bord von „Sojus 5" und „Sojus 8" im Weltraum war sowie an Bord von „Sojus 10" im April 1971 ein Modell der späteren „Salut"-Raumstation erprobte und heute Flugleiter bei bemannten Weltraumunternehmen, darunter der Flüge mit Interkosmosbesatzungen ist. *Jelissejew* arbeitete bei *Koroljow* zunächst als Konstruktionsingenieur und wurde auf seinen Wunsch in die Kosmonautengruppe übernommen. Auch das zeigt die Weitsicht *Koroljows*, denn für künftige Flüge ins All benötigt man Wissenschaftler, Techniker und Ingenieure, die im Weltraum forschen und arbeiten werden.

Die entbehrungsreichen Kriegsjahre, die Anstrengungen der Nachkriegszeit und die unermüdliche Arbeit hatten *Koroljows* Gesundheit untergraben. Bereits 1962 und 1964 mußte er einige Zeit in die Klinik. Er wollte noch ein grundlegendes Buch über Geschichte, Gegenwart und Zukunft der Raketentechnik, zu dem er etwa ab 1953 Material gesammelt hatte, und die Biographie *Ziolkowskis* schreiben. Alle diese Pläne auszuführen war ihm nicht mehr vergönnt. Am 14. 1. 1966 starb *S. P. Koroljow*. Er wurde am 16. Januar in Moskau an der Kremlmauer beigesetzt.

Lebensdaten zu Sergej Pawlowitsch Koroljow

1907	Am 12. Januar 1907 (30. 12. 1906) in Shitomir geboren
1922 bis 1924	Lehre in der 1. Odessaer Baufachschule
1924 bis 1930	Studium am Kiewer Polytechnischen Institut und an der Moskauer TH
1930	Diplom als Ingenieur-Flugmechaniker; vom Juli 1930 bis September 1933 Tätigkeit als Oberingenieur am ZAGI
1931	September Aufnahme in die Gruppe GIRD
1933	Zusammenschluß der GIRD und des GDL zum RNII (wissenschaftliches Raketenforschungsinstitut), in der *Koroljow* seine Arbeit aufnahm
1934	„Der Raketenflug in die Stratosphäre"
1934 bis 1939	Entwicklung, Bau und Erprobung von Flügelraketen
1940	Erster Flug des von *Koroljow* konstruierten Raketenflugzeugs RP-318-1
1942 bis 1945	Entwicklung, Bau und Erprobung von Flüssigkeitsraketenantrieben für Flugzeuge
Ab 1946	Chefkonstrukteur des NII (Wissenschaftliches Forschungsinstitut)
1953	Beginn der Arbeiten an interkontinentalen Raketen
1957	Sommer — Erprobung der ersten in der Welt gebauten interkontinentalen Mehrstufenrakete
1957	4. Oktober — Start von „Sputnik 1"
1960 bis 1961	Erprobung eines Raumschiffes für den Flug eines Menschen; erste Kosmonautengruppe beginnt im 1960 gegründeten „Sternenstädtchen" mit den Vorbereitungen für den Flug ins All
1961	12. April — Start von „Wostok 1" mit *J. A. Gagarin* an Bord
1966	14. Januar — Tod *S. P. Koroljows*

Literaturverzeichnis zu Sergej Pawlowitsch Koroljow

[1] *Astaschenkow, P. T.:* Sergej Pawlowitsch Koroljow. Der Chefkonstrukteur. Moskau, Leipzig 1977 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 21).

[2] *Kosmodemjanski, A. A.:* Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski. Moskau, Leipzig 1979 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 43).

[3] *Arlazarov, M. S.:* Doroga na kosmodrom. (Der Weg zum Kosmodrom), Moskva 1980.

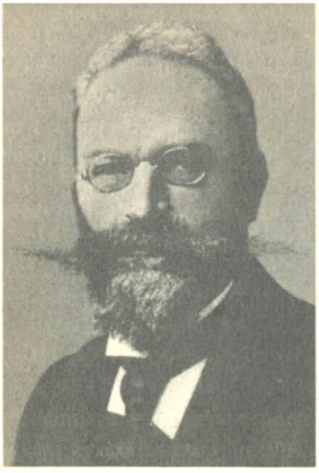
[4] *Bekier, E.:* Kosmonautenchronik. (Ein dokumentarischer Bericht über das Leben und die Raumflugerlebnisse der Kosmonauten von Juri Gagarin bis Pawel Beljajew/Alexej Leonow), Berlin 1965.

[5] *Golovin, J. N.:* I. W. Kurtschatow. Wegbereiter der sowjetischen Atomforschung. Leipzig, Jena, Berlin 1976.

[6] *Keldyś, M. V., M. Ja. Marov:* Kosmičeskie issledovanija. (Kosmosforschungen), Moskva 1981.

[7] *Rebrov, M. F.:* Kosmonavty (Kosmonauten) (Wostok 1 bis Sojus 21), Moskva 1977.

[8] *Koroljov, S. P.:* Avtobiografija i drugie dokumenty. (Autobiographie und andere Dokumente). In: Vestnik AN SSSR, Moskva 3/1980, S. 129—139.



Friedrich von Hefner-Alteneck

Elektrotechnik — Elektronik — Informationstechnik

Friedrich von Hefner-Alteneck (1845 bis 1904)

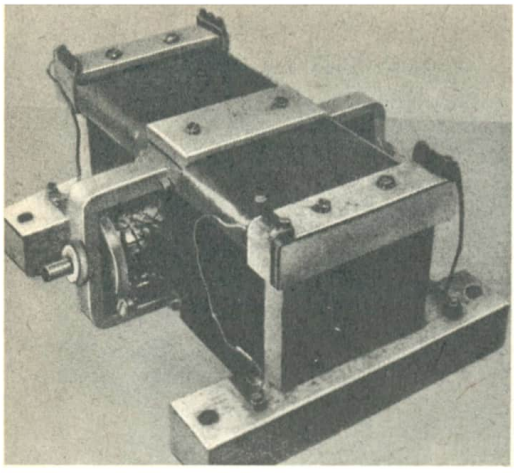
In *Friedrich von Hefner-Alteneck* begegnet uns im ausgehenden 19. Jh. eine Persönlichkeit, die im Bereich der Elektrotechnik als einer der ersten Techniker und Ingenieure wirklich eigenständig an die Seite der Physiker und Mechaniker dieses Gebietes tritt und jene Arbeitsteilung zu realisieren beginnt, die heute für die ingenieurtechnische Tätigkeit so charakteristisch ist. Begünstigt durch seine Tätigkeit als Techniker bei *Siemens & Halske* — der damals bedeutendsten deutschen elektrotechnischen Firma — wußte *Alteneck* fast alle Bereiche der noch jungen Elektrotechnik mit seinen technischen Neuerungen zu bereichern. Seine spezifische Leistung bestand vielfach darin, daß er das bereits erkannte physikalische Wirkprinzip so zu modifizieren verstand, daß es mit Rücksicht auf die technischen Gegebenheiten die praktisch zweckdienlichste Form erhielt. Hierdurch prägte er gerade auf elektrotechnischem Gebiet das Tätigkeitsprofil des Technikers und Ingenieurs, als eines „Transformators" zwischen wissenschaftlicher und industrieller Praxis, wesentlich mit. Darüber hinaus haben auch andere Bereiche vom konstruktiven Geschick *Altenecks* zu profitieren gewußt; beispielsweise stammt von ihm die Erfindung einer Zeigerschreibmaschine, die unter dem Namen „Mignon" auch von der Firma AEG serienmäßig produziert worden ist.

Friedrich von Hefner-Alteneck wurde am 27. April 1845 in Aschaffenburg (Franken) geboren. Aufgewachsen in einem kunstbeflissenen Elternhause — sein Vater war Kunsthistoriker und später Direktor des Bayrischen Nationalmuseums —, sollten jedoch nicht diese Eindrücke für seinen späteren Lebensweg bestimmend werden, sondern seine Begeisterung für die ihn umgebenden technischen Gebilde. Das Basteln und Konstruieren gehörte seit seiner Kindheit — bereits als Zwölfjähriger soll er sich aus Blechabfällen eine Uhr zusammengebaut haben — zu den

ausgeprägten Neigungen *F. v. Hefner-Altenecks*. Nach dem Schulbesuch in München drängte es ihn — wie er in seiner Antrittsrede vor der Berliner Akademie feststellte —, „diese Neigung erst einmal den Anforderungen des Lebens gegenüber zu erproben" und an einer Technischen Hochschule ein Studium aufzunehmen. [1] Zunächst in München und später am Zürcher Polytechnikum fesselten ihn vor allem jene Vorlesungen und Übungen, die das Erfinden, Entwerfen und Gestalten von Maschinen, Apparaten und Instrumenten betrafen, wogegen die theoretische und mathematische Behandlung technischer Entwürfe ihn weniger gereizt zu haben scheint.

Nach einer kurzen Praktikantenzeit in einer kleinen Münchener Mechanikerwerkstatt wurde das Jahr 1867 für die berufliche Entwicklung des jungen *Alteneck* von entscheidender Bedeutung. Beim Besuch der Pariser Weltausstellung beeindruckten ihn die Erzeugnisse der damals schon in der ganzen Welt anerkannten, 1847 von *Werner von Siemens* (1816 bis 1892) und *Georg Halske* (1814 bis 1890) gegründeten „Telegraphenbauanstalt von Siemens & Halske" derart, daß er sich kurzerhand bei der Firma um eine Anstellung als Zeichner bewarb. Dort glaubte man jedoch für den Anfänger — Ingenieure verfügten damals zumeist über eine ausgiebige Werkstattpraxis — keine rechte Verwendung zu haben, und das Gesuch *Altenecks* wurde abgelehnt. Es ist für die Persönlichkeit *F. v. Hefner-Altenecks* charakteristisch, daß ihn dieser Fehlschlag nicht entmutigte, sondern er kurz entschlossen als einfacher Arbeiter in die Firma eintrat. Schon bald wurde man auf sein ausgeprägtes technisches Talent aufmerksam, und nach Jahresfrist hatte er dann auch sein ursprüngliches Ziel erreicht: Er wurde in das neu gegründete Konstruktionsbüro versetzt, dessen Profil er in den nachfolgenden Jahren maßgeblich zu prägen gewußt hat. Ungemein schnell vollzog sich *Altenecks* beruflicher Aufstieg, der ihn zunächst als Leiter des Konstruktionsbüros (Chefkonstrukteur, allerdings bestand dieses Büro damals aus lediglich zwei Personen) und fünf Jahre später bereits als Assistenten des Oberingenieurs *Carl Frischen* (1830 bis 1890), dem Vorstand der allgemeinen technischen Direktion der Firma, sieht. Zu den Aufgaben des gerade erst Siebenundzwanzigjährigen gehörten: der Entwurf der Konstruktionen, die Anfertigung sämtlicher Arbeitszeichnungen, die Leitung der Versuche mit neuen Konstruktionen, die Prüfung sämtlicher Fabrikate vor dem Versand und die Oberaufsicht über den Betrieb der Telegrafen- und Wassermesserwerkstätten. [3]

Als *Hefner-Alteneck* in die Firma eintrat, war das Unternehmen noch fast ausschließlich auf das Telegrafenwesen ausgerichtet. Die Einrichtung von Telegrafenlinien im In- und Ausland sowie der Bau und die Entwicklung dazugehöriger Geräte bildeten die eigentliche Domäne der „Telegrafenbauanstalt von Siemens & Halske". So nimmt es nicht wunder, daß auch die ersten Arbeiten *Altenecks* auf dem Gebiete der elektrischen Telegrafie und des Signalwesens lagen. Als im Jahre 1868 der Firma *Siemens* die Errichtung der indoeuropäischen Telegrafenlinie übertragen wurde, trug *Hefner-Alteneck* mit seiner Mitarbeit bei der Ausführung der Telegrafenapparate maßgeblich zum großen Erfolg des Unternehmens bei. Ebenso war er in wirksamer Ergänzung von *Carl Frischen* an der Bearbeitung von Geräten für das Eisenbahnsicherungssystem beteiligt, darunter ein Glockensignalwerk für Eisenbahnen, ein Geschwindigkeitsmesser und -registrator für Eisenbahnzüge sowie Eisenbahnblockapparate.



Dynamomaschine
mit Trommelanker

Unter den bedeutsamen Leistungen *Hefner-Alteneck*s auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik ragt die im Jahre 1873 geglückte Erfindung des Dosenschreibers besonders heraus, da er einen einschneidenden Fortschritt im Telegrafenwesen markiert. Der Dosenschriftgeber ist eine Art Schreibmaschine, die die gedrückten Buchstaben selbständig in Morsezeichen umwandelte, so daß der den Sendeapparat bedienende Beamte das Morsealphabet nicht zu kennen brauchte. Der Hauptteil des Gerätes bestand dabei in einer um eine waagerechte Achse gelagerten Dose, an derem äußeren Mantel sich Stifte befanden, die durch die Tastatur in charakteristischer Weise verschoben werden konnten. Durch ein Abtasten der Stiftkombinationen erhielt man kürzere bzw. längere Stromimpulse, die dann in die Telegrafenleitung eingespeist wurden.

Die Erfindung *Hefner-Alteneck*s fand bei seinen Fachkollegen starke Beachtung und machte seinen Namen weltweit bekannt. So schrieb im April 1873 *Werner von Siemens* an seinen Bruder *Wilhelm* (1823 bis 1883): „... von Hefner hat mit seinem Dosenschreiber meinen Kettenschreiber wieder um mehrere Nasenlängen geschlagen. Das Ding funktioniert merkwürdig präzise und schön ... Jedenfalls haben wir jetzt Wheatstone vollständig antiquiert." [3; S. 25]

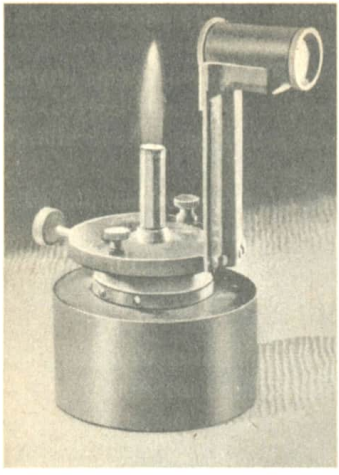
In den folgenden Jahren schlossen sich noch weitere Erfindungen auf dem Gebiet der Telegrafie und der Nachrichtenübermittlung (Flutkurvendrucker, Wasserstandsfernanzeiger, Kommandoapparate für Schiffe und Bergwerke u. ä. m.) an, die *Hefner-Alteneck* als einen der besten Konstrukteure und bedeutendsten Erfinder seiner Zeit auswiesen.

Mit der Entdeckung des dynamo-elektrischen Prinzips hatte *W. v. Siemens* im Jahre 1866 das weite Feld der Starkstromtechnik erschlossen und damit zugleich den Grundstein für eine der größten technischen Umwälzungen in der Geschichte der Menschheit gelegt. Der neuerschlossene Bereich hatte jedoch zunächst eine Reihe von „Kinderkrankheiten", die seine Entwicklung zunächst nur langsam voranschreiten ließ. Als Chefkonstrukteur von *Siemens & Halske* beschäftigte sich *F. v. Hefner-Alteneck* naturgemäß mit diesen „Kinderkrankheiten". Ihm kommt auch das Verdienst zu, wesentliches bei deren Überwindung geleistet zu haben.

Die ersten Dynamomaschinen *Siemens*scher Bauart verfügten alle über einen sog. Doppel-T-Anker. Er hatte den großen Nachteil, daß die auf der Innenseite des Ringes liegenden Wicklungen unwirksam blieben und somit lediglich zur Vergrößerung des elektrischen Widerstandes beitrugen. *Hefner-Alteneck* beseitigte nun diesen Mangel, der nicht nur einen Verlust an elektrischer Energie bedeutete, sondern zugleich auch eine zusätzliche Quelle für die Überhitzung der Dynamomaschine darstellte. Er griff lediglich auf den massiven Zylinder des Doppel-T-Ankers zurück und bewickelte eine größere Anzahl von Spulen so über die Oberfläche des Zylinders, daß die Windungen jeder Spule auf dem Zylindermantel parallel zur Achse lagen und sich auf den beiden Stirnflächen kreuzten. Auf diese Weise hatte *Hefner-Alteneck* praktisch nur äußere Windungen erhalten und den Anteil der für den Betrieb der Maschine unwirksamen Spulenwindungen äußerst gering gehalten. *Hefner-Alteneck* nannte seine Konstruktion treffend Trommelanker, und unter diesem Namen ist er auch in die Geschichte der Elektrotechnik eingegangen. Weit über die ursprüngliche Absicht hinaus hat diese Erfindung die sichere technische Gestaltung der elektrischen Maschinen ermöglicht und zudem ihre Anpassungsfähigkeit wesentlich erweitert. Auf dieser Grundlage, die in den nächsten Jahrzehnten Grundform aller Elektromaschinen wurde, entstanden nach 1872 die ersten für einen längeren Gebrauch geeigneten Gleichstrommaschinen.

Doch auch mit seiner neuen Maschine hatte *Hefner-Alteneck* nicht den gravierenden Mangel aller bisherigen dynamo-elektrischen Maschinen ausgeräumt: die starke Erhitzung des Ankereisens und der damit verbundene große Energieverlust. *Hefner-Alteneck* versuchte, auf sein technisches Können vertrauend, die Entstehung von Wirbelströmen dadurch zu umgehen, daß er den eisernen Ankerkörper feststellte und die Wicklungen mit dem Kommutator allein zwischen den Magnetpolen und den Ankereisen umlaufen ließ. Dieses Vorhaben war konstruktiv ungemein kompliziert, da die Drahttrommel sich mit großer Geschwindigkeit in dem engen Spalt zu drehen hatte, doch bewies der Erfolg — die so gebauten Maschinen verbrauchten bei gleicher elektrischer Nutzleistung erheblich weniger Antriebsenergie —, daß *F. v. Hefner-Alteneck* auch hier den richtigen Weg beschritten hatte. Im Zuge der Entwicklung immer leistungsstärkerer Elektromaschinen erwiesen sich jedoch die mechanischen Mängel der schwierigen Konstruktion als so gravierend, daß man das Ankereisen doch wieder umlaufen ließ und statt dessen den Eisenkern aus gegeneinander isolierten Eisendrahtwindungen — der Vorform des noch heute üblichen lamellierten Dynamoblechs — herstellte.

Bis zum Ausgang der 70er Jahre des 19. Jh. diente die Dynamomaschine fast ausschließlich zum Betrieb von elektrischen Bogenlampen, und so nimmt es nicht wunder, daß das erfinderische Geschick *Hefner-Altenecks* auch auf diesem Gebiet reiche Ernte hielt. Begünstigend hat hier sicher gewirkt, daß die Firma *Siemens & Halske* zu jener Zeit, obwohl noch hauptsächlich mit der Schwachstromtechnik befaßt, in nicht unbedeutendem Maße auch schon in der Starkstromtechnik engagiert war, da z. B. das Problem der elektrischen Beleuchtung einem allgemeinen gesellschaftlichen Bedürfnis als Resultat des fortschreitenden Urbanisierungsprozesses entsprach. Allerdings trafen die Bemühungen um die Einführung der elektrischen Beleuchtung nicht unbesetztes Terrain, sondern mußten sich gegen heftige Konkurrenz der Gasbeleuchtung durchsetzen, wobei die daraus erwachsenden



Hefner-Kerze

Zwänge sicherlich nicht wenig zur Perfektionierung der technischen Lösungen dieses Gebietes beigetragen haben. Eine jener Perfektionierungen tritt uns in *Hefner-Altenecks* Idee einer Differentialbogenlampe entgegen, die erstmals den gleichzeitigen Betrieb mehrerer Lichtbögen in einem Stromkreis gestattete. Auf Grund des komplizierten Regelmechanismus von Bogenlampen mußte bislang nämlich für jede einzelne eine gesonderte Dynamomaschine aufgestellt werden.
Hefner-Altenecks selbstregulierende Bogenlampe wurde erstmals im Jahre 1879 auf der Berliner Gewerbeausstellung und danach in der sog. Kaiserpassage, der Kreuzung Unter den Linden — Friedrichstraße, vorgeführt. Die Lampe erregte großes Aufsehen und war für die Bogenlampentechnik der nächsten Jahrzehnte richtungweisend, ohne daß sie allerdings den Wettbewerb zwischen elektrischer und Gasbeleuchtung entschieden hätte. Dies geschah erst im Zuge der Weiterentwicklung von *Thomas Alva Edisons* (1847 bis 1931) Glühlampe.
Es ist für die Vielseitigkeit des technischen Wirkens von *F. v. Hefner-Alteneck* charakteristisch, daß er bei den in Fluß gekommenen Beleuchtungsfragen noch ein weiteres wichtiges Problem dieses Gebietes zu lösen vermochte. Der starke Aufschwung der Beleuchtungstechnik und die scharfe Konkurrenz zwischen Gaslicht und elektrischer Beleuchtung ließen die Frage einer geeigneten Lichteinheit für photometrische Untersuchungen zu einem gravierenden gesellschaftlichen Bedürfnis werden. Ausgehend von der Überlegung, daß man zu diesem Zwecke eine leuchtende Flamme als Lichteinheit so zu definieren habe, daß sie jederzeit reproduzierfähig war, entwickelte er zu Beginn der 80er Jahre eine Amylacetatlampe, die er 1884 dem Elektrotechnischen Verein zur Begutachtung vorlegte. Nach dem Vorschlag der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, die die amtliche Beglaubigung der neuen Lichteinheit durchführte, erhielt die Lampe den Namen ihres Erfinders und hat zwischen 1897 und 1941 allen lichttechnischen Messungen zugrunde gelegen.
Als sich im Jahre 1890 *Friedrich von Hefner-Alteneck* nach dem Rücktritt *W. v. Siemens'* ebenfalls aus dem Siemensschen Unternehmen zurückzog, war sein wissenschaftliches Schaffen zwar noch nicht beendet, doch spektakuläre oder gar

für die Technik seiner Zeit richtungweisende Erfindungen sind ihm nicht mehr gelungen.
Dennoch sind ihm vornehmlich in seinem letzten Lebensjahrzehnt — *Hefner-Alteneck* starb am 6. Januar 1904 in Berlin-Biesdorf — zahlreiche Ehrungen zuteil geworden, von denen die Mitgliedschaft in der Berliner Akademie der Wissenschaften und die Ehrendoktorwürde der Universität München besonders hervorgehoben seien.

Lebensdaten zu Friedrich von Hefner-Alteneck

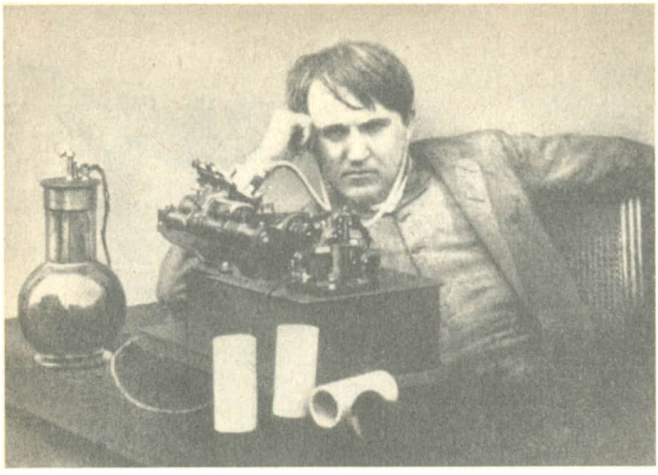
1845	Am 27. April in Aschaffenburg geboren
1863 bis 1867	Studium in München und Zürich
1867	Beginn der Tätigkeit bei *Siemens & Halske*
1868 bis 1870	Mitarbeit an der Ausrüstung der Indoeuropäischen Telegrafenlinie; Arbeiten zum Eisenbahnsicherungssystem
1872	Erfindung des Trommelankers
1878	Erfindung des Dosenschreibers
1878	Entwicklung der Differentialbogenlampe
1884	Vorschlag der Amylacetatlampe als Lichteinheit (Hefnerkerze)
1890	Niederlegung seiner Funktionen bei *Siemens & Halske*
1901	Wahl in die Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin
1904	Am 7. Januar in Berlin-Biesdorf gestorben

Literaturverzeichnis zu Friedrich von Hefner-Alteneck

[1] *Hefner-Alteneck, F. von:* Antrittsrede vor der Preußischen Akademie der Wissenschaften. In: Sitzungsberichte der Akademie, Berlin 1901, S. 753—759.
[2] Wahlvorschlag zur Aufnahme von F. v. Hefner-Alteneck in die Preußische Akademie der Wissenschaften. Archiv der Akademie der Wissenschaften der DDR II — III a, Bd. 15, Bl. 170f.
[3] *Heintzenberg, F.:* Friedrich von Hefner-Alteneck. In: Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums, München 19 (1951) 2, S. 3—35.
[4] *Roth, A.:* Friedrich von Hefner-Alteneck. In: Zeitschrift für technische Physik, Berlin 6 (1925) 10, S. 481.
[5] *Siemens, G.:* Der Weg der Elektrotechnik. Freiburg, München 1961, Bd. 1, S. 97ff.

Thomas Alva Edison (1847 bis 1931)

Millionen Menschen waren tief bewegt, als an einem Oktoberabend des Jahres 1931 in allen Landesteilen der USA das elektrische Licht für zwei Minuten zu Ehren *Edisons* erlosch, dessen Name schon während seiner Lebenszeit als Symbol für außergewöhnlichen Forscherdrang weltweit Geltung erlangt hatte. Er war von manchen achtungsvoll „Napoleon der Erfinder", „Zauberer von Menlo Park" oder „Lichtgenius" genannt worden. [vgl. 7; S. 101, 66, 93]



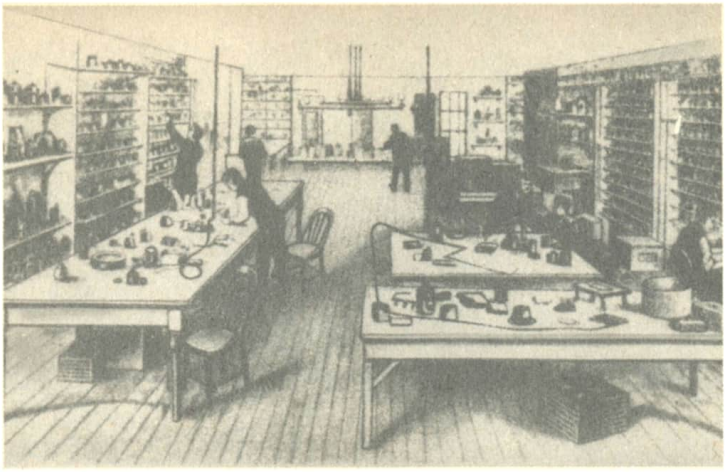
Edison an seinem verbesserten Phonographen von 1888

„Ich stelle fest, was die Welt braucht, und dann gehe ich hin und versuche, es zu erfinden", war *Edisons* Leitspruch. [5; S. 134] In seinem arbeitsreichen Leben erhielt er mehr als 1400 Patente für Erfindungen und Neuerungen auf den unterschiedlichsten Gebieten. Es ist daher nicht möglich, in diesem Rahmen das Zustandekommen und die Funktionsweise seiner beinahe unzähligen Erfindungen im einzelnen auch nur grob zu umreißen. Wir sind folglich gezwungen, uns auf markante Züge seines Lebensbildes zu beschränken, denn allein um seine Leistungen in der Elektrotechnik zu kennzeichnen, müßte man fast alle wichtigen Neuerungen dieses Wissenschaftszweiges von der Glühlampe und dem Grammophon über Fernsprecher, Stromerzeuger, Leitungsdrähte sowie Akkumulatoren bis hin zur Filmtechnik aufführen und beschreiben.

Thomas Alva Edison wurde am 11. Februar 1847 in Milan im Staate Ohio geboren. Er hatte holländische und schottische Vorfahren. *Edisons* Vater versuchte sich in verschiedenen Berufen, nicht zuletzt mit gewissem Erfolg als kaufmännischer Unternehmer. Für *Thomas* brachte er jedoch nur wenig Zeit auf. Seine Mutter hingegen, selbst Lehrerin, nahm den Knaben bereits nach drei Monaten wieder aus der Schule und unterrichtete ihn fortan allein.

Ihr Sohn erwies sich als sehr gelehriger Schüler, dessen besondere Vorliebe dem Zeichnen galt. *Edison* füllte im Laufe seines Lebens mehr als 1000 Skizzenbücher. Dies war nicht nur Ausdruck seines speziellen Talents, sondern auch Zeugnis eines ausgeprägt bildhaft-anschaulichen Denkens, das sich schließlich in mannigfachen Konstruktionen technischer Gebilde und Verfahren sowie in deren Vergegenständlichung niederschlug.

Neben den hochgradig vorhandenen und von der Mutter zielstrebig geförderten ingeniösen Eigenschaften des jungen *Edison* gab es für sein schöpferisches Wirken auch eine Reihe objektiver Faktoren, die eine umfassende Entfaltung seiner Persönlichkeit insbesondere zur Lösung technischer Probleme begünstigten und teilweise auch aktivierten, denn sein enormes Leistungsvermögen war zugleich mit einer äußerst stürmischen Periode in der Geschichte der USA verbunden. Vermehrter Kapitalfluß aus neu erschlossenen landeseigenen Quellen sowie die Über-

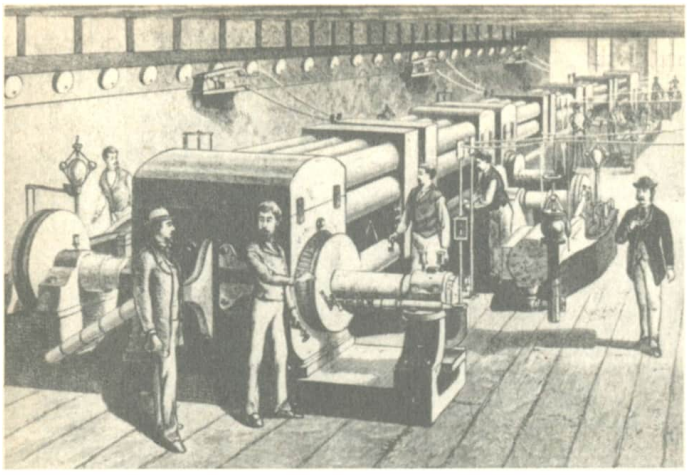


Labor-
einrichtung
in Menlo Park

nahme moderner technischer Errungenschaften aus Europa stimulierten den Industrialisierungsprozeß beträchtlich. Obwohl die USA erst gegen 1850 in den internationalen Wettbewerb der damals ökonomisch führenden Staaten (namentlich England und Frankreich) eintraten, waren sie schon in den 80er Jahren des 19. Jh. zur stärksten kapitalistischen Macht geworden. Daran hatten die Erfinder einen nicht unerheblichen Anteil. Auf ihren Schöpferdrang wirkte sich fördernd aus, daß amerikanische Patentgesetze, im Gegensatz zu europäischen, auch kleine technische Neuerungen schützten.

T. A. Edison erkannte bald, wie man durch Bücher seine Mitmenschen, ihr Handeln, aber auch Naturvorgänge begreifen kann. Die so entfachte Leseleidenschaft ließ ihn nie mehr los. Bereits mit neun Jahren versuchte *Edison*, mehrere Experimente aus schriftlichen „Lehrunterweisungen" selbständig praktisch nachzuvollziehen. Mit elf Jahren begann er, sich der Chemie zuzuwenden und systematisch zu experimentieren. Als *Edison* zwölf Jahre alt war, mußte er in Zügen nordamerikanischer Fernstrecken täglich bis zu 14 Stunden Zeitungen und Süßigkeiten verkaufen. (Das sollte vor allem, entsprechend einer damals verbreiteten Auffassung, zur frühzeitigen „Charakterformung durch eigenen Broterwerb" beitragen.) Dabei richtete sich *Edison* in einem Packwagen eine kleine Druckerei ein, mit deren Hilfe er eine eigene „Zeitung" herausgab und den Reisenden „gewinnbringend" verkaufte. Seine Eisenbahnpraxis machte ihn auf den Telegrafen aufmerksam, und er bat einen erfahrenen Spezialisten, ihm Kenntnisse über die Telegrafie zu vermitteln. Das war *Edisons* erste tiefgreifende Berührung mit der Elektrotechnik und damit gleichzeitig der entscheidende Schritt auf dem Wege zu seinem Lebenswerk.

Während er vorübergehend als Nachttelegrafist seinen Unterhalt verdiente, tobte bereits zwischen Nord- und Südstaaten der USA der Bürgerkrieg (1861 bis 1865). Mangels fester Anstellung und aus gewisser Abenteuerlust begann *Edison* Ende 1862 eine fünfjährige Wanderschaft durch große Teile der USA. In dieser Zeit leistete er Gelegenheitsarbeiten. Mit 21 Jahren konnte *Edison* 1868 seine erste Erfindung, einen elektrischen Stimmenzähler, patentieren lassen. Das war eine der



Hauptteil der ersten elektrischen Kraftstation Edisons in New York (1882)

wenigen seiner technischen Neuerungen, deren Notwendigkeit er nicht im voraus festgestellt hatte. Da er enttäuscht hinnehmen mußte, daß niemand echtes Interesse an seinem Produkt zeigte, erschien ihm dies als wertvolle Lehre.

Noch im gleichen Jahr wurde *Edison* Empfangstelegrafist bei der „Western Union" in New York und kurz darauf Werkmeister bei der „Gold Indicator Company". Damit war ihm endlich eine materielle Sicherheit gewährt und zugleich die Möglichkeit eingeräumt, sich intensiver einigen Erfindungsvorhaben zu widmen. *Edison* eröffnete 1869 in Newark, unweit von New York, eine eigene Werkstatt zum Bau von elektrischen Geräten und Anlagen, wofür er teilweise hochspezialisierte Fachleute gewinnen konnte, darunter den deutschen Mechaniker *Siegmund Bergmann* (1851 bis 1927).

Schon in der ersten Phase seiner Selbständigkeit bewies *Edison* einen guten Instinkt für Befähigungen anderer, die er durch entsprechende Aufgabenstellung bewußt förderte, um sie schließlich in die Realisierung seiner eigenen Pläne und Ziele einzubeziehen.

Edison war sich über sein erfinderisches Talent durchaus im klaren. Er äußerte: „Ich habe genug Ideen, die Bank von England auszuheben." [5; S. 120) Da er auch wußte, daß Erfinden weniger geniale Schöpfung als vielmehr harte Arbeit bedeutet, schonte er weder die eigenen noch die Kräfte anderer, wenn es darum ging, eine Sache, die er einmal in Angriff genommen hatte, auch zu einem erfolgreichen Ende zu führen. So erhielt er allein zwischen 1869 bis 1871 etwa 20 Patente für telegrafische Erfindungen, u. a. für ein Gerät, das ein gelochtes Band zur Kontaktherstellung benutzte und 1 000 Worte in der Minute senden konnte, während ein geübter Telegrafist in der gleichen Zeit höchstens 50 Worte zu morsen vermochte.

Im Laufe der Jahre wurde *Edisons* ingeniöses Wirken zunehmend bekannt (nicht zuletzt deshalb, weil er stets bemüht war, beste Qualität zu liefern), was ihm entsprechende Aufträge und damit die notwendigen Mittel eintrug, sich auf erfinderisches Neuland zu begeben. Dabei bemerkte *Edison* bald, daß sein fachliches Wissen, insbesondere aber seine Kenntnisse über industrielle Fertigungsmethoden

bei weitem nicht ausreichten, um etwas grundlegend Neues zu schaffen. Deshalb begann er, spezielle Publikationen aus dem In- und Ausland kontinuierlich und systematisch auszuwerten, worauf oftmals vielfältige Experimente folgten, vor allem dann, wenn es sich wirklich um (echte) Innovationen handelte.

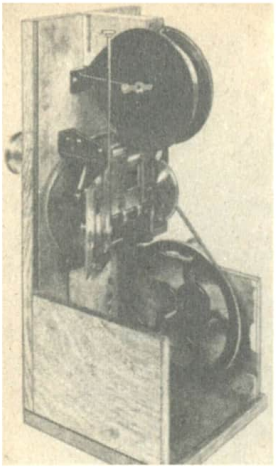
Das Besondere an *Edisons* Kreativität läßt sich etwa wie folgt kurz umreißen: Seine Kenntnisse resultierten hauptsächlich aus intensiver praktischer Beschäftigung mit den von ihm bzw. seinen Mitarbeitern geschaffenen Geräten, die durchaus nach physikalischen Prinzipien funktionierten. Seine theoretischen Vorstellungen waren gewissermaßen Abstraktionen der Geräte, welche er konstruierte und mit denen er arbeitete. Als Autodidakt hatte er vorwiegend aus eigener Erfahrung gelernt. Dabei kamen ihm seine Fähigkeit, auch geringfügige Details zu beobachten und nicht wieder zu vergessen, sowie sein enormes Beharrungsvermögen überaus zugute. Auf diese Weise registrierte sein Gedächtnis eine große Zahl unterschiedlicher technischer und wissenschaftlicher Fakten, wobei er letztere meist nur oberflächlich begriff. Aber dieses Wissen verstand er anzuwenden wie kaum ein anderer, indem er mit seinem unerschöpflichen Einfallsreichtum immer neue experimentelle Kombinationen probierte. [vgl. 7; S. 41]

Im Jahre 1876 eröffete *Edison* größere Werkstätten und Laboratorien in Menlo Park (New Jersey), wo er sich mit einem Kollektiv von etwa zwölf Spezialisten nur noch dem Forschen und Erfinden widmen wollte. In Menlo Park sollte Erfinden tägliche Arbeit (Beruf) sein. Neuartig für die Funktion eines Laboratoriums war auch, daß hier die unterschiedlichsten Erfindungen gemacht werden sollten, die man am Modell bis zur vollen Gebrauchsfähigkeit entwickeln wollte. Damit war ein qualitativer Umschwung in *Edisons* Forschungsarbeit eingeleitet worden.

Vorrangig durch seine telegrafischen Erfindungen war *Edison* so berühmt geworden, daß viele Großunternehmer ihn in Menlo Park aufsuchten, um ihn für Tests, Gutachten, Verbesserungen, aber auch für Erfindungen zu gewinnen. Dadurch wurde das Projekt Menlo Park zum Wegbereiter industrieller Forschungslaboratorien in den USA, nach dessen Vorbild die „Bell Telephone Company", die „General Electric" und andere Monopolverbände Jahre später ihre Forschungsstätten einrichteten.

Im Gegensatz zu den wenigen damals in den USA, meist an Hochschulen, bestehenden Laboratorien für physikalische Forschung, an denen vorwiegend Grundlagenforschung betrieben wurde, war Menlo Park so etwas wie eine „wissenschaftliche Fabrik", wo unter *Edisons* Leitung durch die Gemeinschaftsarbeit von Technikern und Wissenschaftlern praktische, allgemein-nützliche Erfindungen entstanden, die jedoch nicht minder die Einbeziehung wissenschaftlicher Erkenntnisse erforderten.

In Menlo Park wurden durchschnittlich aller zehn Tage eine kleine und in sechs Monaten eine große Erfindung gemacht. Das Erfindungswesen war bis zu einem bestimmten Grade professioniert worden. Die Grundideen für die Erfindungen stammten zwar von *Edison*, aber die Gemeinschaftsarbeit, die er in zunehmendem Maße zur dominierenden Verfahrensweise in Menlo Park entwickelte, widerlegt die mancherseits geäußerte Behauptung, *Edison* sei der letzte große „Erfinder im Alleingang" gewesen. Dennoch leistete er namentlich mit dem Projekt Menlo Park Pionierarbeit für die moderne industrielle Forschung, zumal *Edison* damit auch



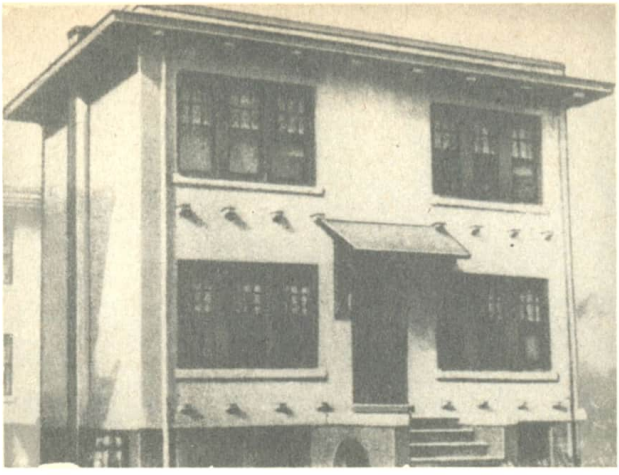
Projektions-Kinetoskop
von Edison
(um 1900)

international als einer der ersten dem im Ansatz bereits vorhandenen objektiven Erfordernis nach deren Institutionalisierung entsprach.

Edison vermochte seine vielfältigen Ideen vor allem auch deshalb zu realisieren, weil er jedes verdiente Geld unmittelbar wieder in neue Vorhaben investierte. Da er stets bemüht war, seine Erfindungen bis zur absolut möglichen Perfektion ausreifen zu lassen, wurden sie für die kapitalistischen Unternehmer nicht nur marktfähig, sondern auch äußerst profitabel. Deshalb blieb auch *Edisons* Auffassung, die Erfindung könne zur „Dienerin der Menschheit" [7; S. 51] emporgehoben werden, unter damaligen Verhältnissen illusionär, denn ihr Maßstab war der Profit.

Edison verbesserte den Fernsprecher *Alexander Graham Bells* (1847 bis 1922) und führte das Kohlemikrofon ein; er experimentierte mit Methoden, eine ständige Telefonverbindung mit fahrenden Zügen herzustellen, erfand 1878 den ursprünglich als Diktiergerät gedachten Phonographen und entwickelte 1889 bzw. 1895 Filmaufnahme- sowie Vorführgeräte. Er schuf den Nickel-Eisen-Akkumulator (der nach seinen Vorstellungen auch als Antriebsaggregat für potentielle Elektroautos dienen sollte). Die Glühlampe vervollkommnete *Edison* so, daß sie praktisch brauchbar und in großer Stückzahl herstellbar wurde. Die Schmelzsicherung geht gleichfalls auf ihn zurück. *Edison* beteiligte sich maßgeblich an der Planung und Ausführung von Elektrizitätswerken. 1882 richtete er in New York die erste größere Elektrizitätszentrale der Welt ein, womit zugleich Elemente solcherart neuer technischer Systeme geschaffen wurden, welche für die weitere Konzentration der Produktion typisch waren und diese sogar revolutionierten.

1887 wurde in West Orange (New Jersey) auf einem Terrain von etwa 5000 m^2 das zur damaligen Zeit umfangreichste und am vollkommensten ausgestattete private Forschungslabor der Welt fertiggestellt. (Es war fast zehnmal so groß wie das von Menlo Park; die vorwiegend mit Fachliteratur bestückte Bibliothek umfaßte im Laufe der Jahre annähernd 60000 Bände.) Während *Edison* in Menlo Park noch mit 12 ständigen Mitarbeitern auskam, beschäftigte er hier bereits 45 bis 90, darunter spezialisierte Mechaniker, Glasbläser und andere hochqualifizierte Fachkräfte, aber auch Physiker, Chemiker und Mathematiker als wissenschaftliche Berater.



Betongießhaus
nach einer
Technologiekonzeption
von Edison

Neben vielen weiteren Erfindungen bewältigte *Edison* mit seinem Kollektiv zwischen 1890 und 1910 einige zusammenhängende Projekte von industriellem Ausmaß. Dazu gehören die Herstellung von Portlandzement und die Entwicklung einer Technologie zur Produktion von Betonfertighäusern sowie die magnetische Erzabscheidung (das größte Versuchsunternehmen seines Lebens, das ihn Millionen Dollar kostete und insofern mit einem völligen Mißerfolg endete, als andere unter Nutzung günstigerer Lagerstätten wesentlich billiger produzieren konnten und er folglich im Konkurrenzkampf unterlag). Während des ersten Weltkrieges macht *Edison* mehr als zwei Dutzend Erfindungen für Kriegszwecke, die er der Regierung anbot, nachdem er angesichts der Tatsache, daß deutsche U-Boote schon bald nach Ausbruch des Krieges englische Schiffe versenkten, auf denen sich auch US-amerikanische Bürger befanden, seine ursprünglich pazifistische Haltung revidiert hatte. Daraufhin wurde *Edison* im Jahre 1915 zum Präsidenten des „Naval Consulting Board" (Beratender Ausschuß der Kriegsmarine) ernannt.

Von *Edison* ist nur eine kleine wissenschaftliche Abhandlung bekannt, die er 1884 unter dem Titel „Eine Erscheinung in der *Edison*-Lampe" veröffentlichte. Dabei handelt es sich um folgendes: Als *Edison* an der Kohlefadenlampe arbeitete, entdeckte er zufällig die Erscheinung der thermischen Elektronen-Emission. Er beobachtete, daß zwischen dem Leuchtdraht der Lampe und einer gegen diesen isolierten, besonderen Elektrode, die in den Kolben der Lampe eingeführt wurde, sogar dann ein Strom floß, wenn die Luft aus der Lampe ausgepumpt war. *Edison* fand jedoch für diese Erscheinung, welche später die Bezeichnung „Edison-Effekt" erhielt, weder eine hinreichend fundierte wissenschaftliche Erklärung noch eine praktische Anwendung. Die gewaltige Bedeutung dieser Entdeckung wurde erst mit der Entwicklung der Elektronenröhre erkannt. [vgl. 1; S. 557]

Natürlich geriet *Edison* mitunter auch in Konfrontation zu anderen kapitalistischen Unternehmern, so z. B. während des legendären „Telegrafenkrieges" mit dem Industriellen und Börsenspekulanten *Jay Gould* (1836 bis 1892) und der „Western Union". In diesem Kampfe, der von 1874 bis 1880 überwiegend vor Gericht ausgefochten wurde, unterlag *Edison* infolge skrupellosen Verhaltens seiner Gegner.

Edison
vor seiner Gedenktafel
in Menlo Park
(1925)

Dabei ging es um die Nutzungsrechte der von *Edison* gemachten Erfindung einer sog. Quadroplextelegrafie (Vierfachtelegrafie), mit der erstmals je zwei Nachrichten in gleicher und entgegengesetzter Richtung simultan auf einem Draht übermittelt werden konnten. Wegen solcher Machenschaften, die ihm selbst zutiefst wesensfremd waren, hatte er sich damals von der Telegrafie abgewandt und widmete sich anderen Projekten, darunter der Untersuchung von Drogen, wobei er ein Lösungsmittel fand, mit dessen Hilfe ein Medikament zur Behandlung der Gicht hergestellt werden konnte. Schon 1876 erschien die erste Biographie über *Edison*. Auf die Frage nach dem Geheimnis seiner überwältigenden Triumphe und ob er ein Genie sei, hatte er die Antwort: „Genie ist 99 % Transpiration und 1 % Inspiration." [7; S. 126] Darin äußert sich die Maxime eines Mannes, dessen leidenschaftliches Engagement für die Entwicklung der materiellen Produktivkräfte höchste Wertschätzung verdient.

Edison starb am 18. Oktober 1931.

Sicherlich sind bei weitem nicht alle Erfindungen, die auf *Edison* zurückführen, allein seinem bzw. dem Wirken seiner Mitarbeiter zu danken. So ist z. B. das Telefon eine wirkliche multilaterale Erfindung, aber *Edisons* Beitrag war für den Gebrauchswert des Apparates entscheidend. Gleiches trifft auf viele andere technische Gebilde und Systeme zu. *Edison* wurde also nicht ganz unberechtigt als „nützlichster Bürger Amerikas" [7; S. 124] bezeichnet, trug er doch mit seinem überragenden Forscher- und Erfindergeist — oft bis zur völligen physisch-psychischen Erschöpfung arbeitend — wesentlich zum wissenschaftlich-technischen Fortschritt der gesamten Menschheit bei.

Edisons Auffassung, daß „die menschliche Sklaverei nicht abgeschafft werden könne, bis nicht jede ... durch die menschliche Hand erfüllte Aufgabe von einer Maschine übernommen würde" [7; S. 122], überhöht freilich den technischen Fortschritt im Gesamtgefüge der sozialen Entwicklung. Dennoch nötigt uns sein Hohelied auf die Bestimmung des menschlichen Daseins zu größtem Respekt, auch weil er dessen Sinn ein Leben lang praktizierte: „Arbeit. Enthülle die Geheimnisse der Natur und nutze sie zum Glück des Menschen!" [5; S. 146]

Lebensdaten zu Thomas Alva Edison

1847	Am 11. Februar in Milan (Ohio) geboren
1859	Herstellung und Verkauf einer „Zeitung" in nordamerikanischen Zügen durch *T. A. Edison*; Experimente mit telegrafischen Geräten
1862	*Edison* erlernt das Telegrafieren und erhält eine Stelle als Nachttelegrafist; Beginn einer fünfjährigen Wanderschaft durch die mittleren Staaten der USA
1868	Empfangstelegrafist bei der „Western Union" in New York; Werkmeister bei der „Gold Indicator Company"
1869	Eröffnung einer eigenen Werkstatt in Newark (unweit von New York)
1876	Einweihung größerer Werkstätten und Laboratorien in Menlo Park (New Jersey)
1878	Gründung der „*Edison* Speaking Phonograph Company"
1882	Inbetriebnahme des ersten Elektrizitätswerkes der Welt in New York durch *T. A. Edison*
1887	Aufnahme der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in West Orange (New Jersey)
1890 bis 1910	*Edison* bewältigt mehrere Projekte von industriellem Ausmaß
1931	*Thomas Alva Edison* stirbt am 18. Oktober in West Orange

Literaturverzeichnis zu Thomas Alva Edison

[1] Autorenkollektiv: Geschichte der Technik. 2., verb. Aufl., Leipzig 1967.

[2] Wer — Was — Wann? Entdeckungen und Erfindungen in Naturwissenschaft und Technik, Autorenkollektiv unter Federführung von W. Conrad, Leipzig 1977.

[3] *Conrad, W.:* Erfinder — Erforscher — Entdecker. 3., überarbeitete Aufl., Leipzig, Jena, Berlin, 1977.

[4] *Garbedian, H. G.:* Thomas Alva Edison. Wien 1949.

[5] *Hylander, C. H.:* Amerikanischer Erfinder. München 1947.

[6] *Matschoß, C.:* Thomas Alva Edison. In: Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. München, Berlin 1937, S. 281—296.

[7] *Schreier, W., H. Schreier:* Thomas Alva Edison. Leipzig 1978 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Ingenieure, Bd. 23).

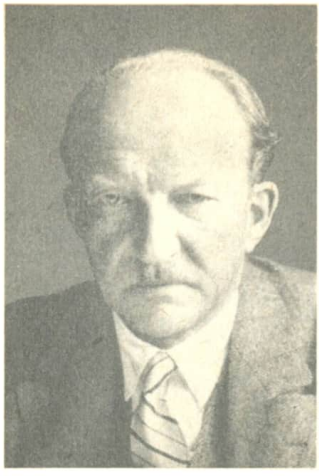
Adolf Slaby (1849 bis 1913) und Graf Georg von Arco (1869 bis 1940)

Die gewaltige Entwicklung der Produktivkräfte führte in der zweiten Hälfte des 19. Jh. nicht nur zur Profilierung zahlreicher naturwissenschaftlicher und technischer Gebiete, sondern auch zu einem neuen Selbstverständnis der Männer, die diesen Prozeß maßgeblich mittrugen: dem stark angewachsenen Heer von Technikern und Ingenieuren. Mit seinem wissenschaftlichen und gesellschaftspolitischen Wirken hat der Berliner Elektroingenieur *Adolf Slaby* im Deutschland des aus-

gehenden 19. Jh. auf beide Bereiche einen gestaltenden Einfluß genommen. So trug er als einer der ersten Professoren für Elektrotechnik wesentlich zur Entwicklung dieses Gebietes bei, wobei seine Leistungen bei der Herausbildung der Funkentelegrafie, zu deren Pionieren er gehört, besonders herausragen. Darüber hinaus setzte er als einer der einflußreichsten Persönlichkeiten unter den deutschen Hochschultechnikern all seine Kraft für die Erlangung der völligen Gleichberechtigung der technischen Lehranstalten und der sozialen Anerkennung der Ingenieure und Techniker ein. Daß am Beginn unseres Jahrhunderts in dieser Beziehung ein grundsätzlicher Wandel zu verzeichnen war, ist nicht zuletzt dem Wirken *Adolf Slabys* zu danken. Unter den zahllosen Schülern *Slabys* ragt *Graf Georg von Arco* deshalb besonders hervor, weil er unmittelbar an die Arbeiten *Slabys* auf dem Gebiet der drahtlosen Telegrafie angeknüpft hat und weil er es im Rahmen seines Wirkens am konsequentesten verstand, die wissenschaftliche Forschung unmittelbar der industriellen Praxis dienstbar zu machen. Als technischer Direktor des Telefunken-Konzerns nimmt er in der Geschichte der Funktechnik einen hervorragenden Platz ein und macht dabei zugleich den veränderten Stellenwert deutlich, den die Industrieforschung bei der Entwicklung von Wissenschaft und Technik seit Anfang unseres Jahrhunderts besitzt.

Adolf Slaby wurde am 18. April 1849 in Berlin als Sohn eines Buchbinders geboren. Schon während seiner Schulzeit an der Berliner Königlichen Realschule zeigte sich sein ausgeprägtes Interesse für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. Nach der Reifeprüfung nahm der 19jährige ein Studium an der Berliner Gewerbeakademie, der Vorläuferinstitution der im Jahre 1879 gegründeten TH Berlin-Charlottenburg, auf. Da seine Eltern nicht wohlhabend waren, verdiente sich der junge *Slaby* die Geldmittel für Studium und Lebensunterhalt durch die Übernahme einer Hauslehrerstelle bei der Familie des Maschinenfabrikanten Louis *Schwartzkopf* (1825 bis 1892) hinzu. Hierdurch stand er von Anfang an in enger Beziehung zum praktischen Maschinenbau, der nicht nur seine Studienjahre, sondern auch seinen späteren Lebensweg entscheidend prägen sollte.

Da die Technischen Lehranstalten damals in Deutschland noch kein Promotions-



Graf Georg von Arco

recht besaßen, schloß *Slaby* im Jahre 1873 sein Studium an der Universität Jena mit einer mathematischen Arbeit ab. Der junge Dr. phil. wirkte zunächst als Lehrer für Mathematik und Mechanik an der Königlichen Gewerbeschule in Potsdam. Schon damals experimentierte er mit Heißluft- und Gasmaschinen, woraus sich dann jene großen Arbeiten über die Theorie der Gasmaschine ergaben, die *A. Slaby* in der Entwicklungsgeschichte des *Otto*-Motors einen wichtigen Platz zuwiesen. [4] Seine Untersuchungen zur Wärmebilanz und zum Wirkungsgrad von Gasmaschinen haben über Jahre hinweg die Grundlage für weitergehende Forschungen auf diesem Gebiet gebildet und darüber hinaus die Wärmetechnik jener Zeit insgesamt zu befruchten vermocht.

Nicht zuletzt bedingt durch das Wirken eines *Werner von Siemens* (1816 bis 1892) war Berlin schon damals ein bedeutendes Zentrum der Elektrotechnik und elektronischen Industrie. So nimmt es nicht wunder, daß auch ein allen technischen Neuerungen aufgeschlossener Mann wie *A. Slaby* sich diesem aufblühenden Wissenschaftszweig widmet. Zunächst mußte dies neben seinen sonstigen Verpflichtungen geschehen, doch scheint er seine Privatstudien, die übrigens durch *Siemens* persönlich gefördert wurden, so gründlich betrieben zu haben, daß man ihn 1883 als ordentlichen Professor für Elektrotechnik an die TH Charlottenburg berief. Seine herausragenden Talente als Hochschullehrer und eine brillante Experimentierkunst führten dem neuen Fachgebiet viele begeisterte Anhänger zu. Dabei kam *Slaby* zustatten, daß 1884 mit großzügiger Unterstützung der Berliner Elektroindustrie an der Charlottenburger TH ein elektrotechnisches Laboratorium begründet worden war, das den Studierenden auch die Durchführung praktischer Übungen erlaubte und Berlin zur bedeutendsten Ausbildungsstätte dieses Gebietes machte.

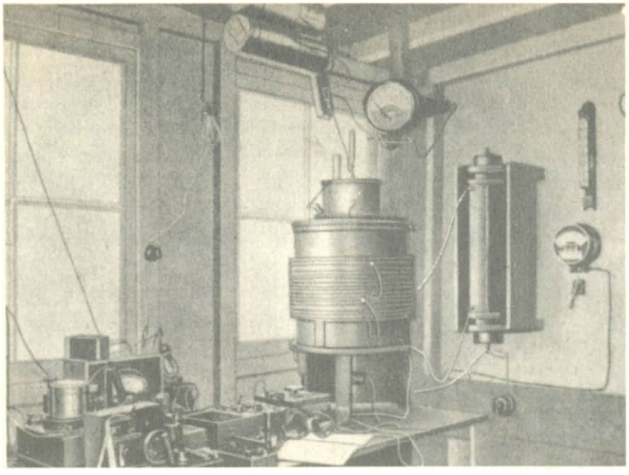
Hatte *Slaby* bislang die Entwicklung der Elektrotechnik vornehmlich als Hochschullehrer sowie durch sein großes wissenschaftspolitisches und -organisatorisches Engagement — so gehörte er z. B. zu den Gründungsmitgliedern des Elektrotechnischen Vereins — zu fördern gewußt, weisen ihn die im Jahre 1897 beginnenden Arbeiten zur drahtlosen Telegrafie auch als einen erstrangigen Forscher aus.

Durch die Bekanntschaft mit dem Chefingenieur der englischen Telegrafenverwaltung Sir *William Henry Preece* (1834 bis 1914) konnte *Slaby* an den Versuchen zur drahtlosen Telegrafie teilnehmen, die Preece im Jahre 1897 gemeinsam mit dem Italiener *Guglielmo Marconi* (1874 bis 1937) vor der englischen Küste durchführte. Die großen technischen Möglichkeiten der Erfindung *Marconis* (der drahtlosen Telegrafie) sofort erkennend, begann *Slaby* nach seiner Rückkehr, die Experimente in Berlin umgehend zu wiederholen und auszudehnen. Dabei gelang es *Slaby*, die Aufmerksamkeit der deutschen Militärbehörden und des Kaisers zu erregen, wobei ihm nicht nur Mannschaften und Einrichtungen des Heeres, sondern dank „Allerhöchster Erlaubnis" auch die Gewässer der Havel bei Potsdam sowie die umliegenden Königlichen Gärten für seine Versuche zur Verfügung gestellt wurden. *Slaby* ging es zunächst darum, die physikalischen und technischen Grundlagen näher zu untersuchen. Sehr schnell erkannte er, wie man die Abstimmung der Antennen auf bestimmte Wellenlängen durch Einschalten stetig veränderlicher Spulen und Kondensatoren vornehmen, wie man durch Ausbildung der Funkenstrecke der Sendeantenne mehr Energie zuführen und die sehr lästigen atmosphärischen Störungen abschwächen konnte. Die große Begeisterung, Umsicht und Sorgfalt, mit der *Slaby* und sein Assistent Graf *G. v. Arco* die Untersuchungen betrieben, führten sehr bald zu erfreulichen Ergebnissen: Am 7. Oktober 1897 gelang es, eine Funkverbindung zwischen Schöneberg und Rangsdorf herzustellen und damit einen Weltrekord zu erzielen; im darauffolgenden Sommer konnte man sogar Funksprüche zwischen Berlin und Jüterbog, d. h. über mehr als 60 km, austauschen.

Doch nicht nur *Slaby* war inzwischen gegenüber dem *Marconi*schen Telegrafiesystem konkurrenzfähig geworden. Auch anderswo hatte man sich intensiv mit solchen Problemen beschäftigt und große Erfolge erzielen können. Namentlich dem Straßburger Physiker *Ferdinand Braun* (1850 bis 1918) war die Entwicklung eines ebenfalls sehr erfolgversprechenden Verfahrens zur „Funkentelegrafie" gelungen. Mit der stürmischen Entwicklung des Funkwesens ging so in jener Zeit ein harter internationaler wie nationaler Konkurrenzkampf einher, der noch dadurch verstärkt wurde, daß hinter jedem Erfinder handfeste ökonomische Interessengruppen (*Slaby* — AEG; *Braun* — Siemens & Halske; *Marconi* — Wireless Telegraph Co.) standen, die auf ihre, dem Kapitalismus eigentümliche Weise das Funkmonopol zu erringen suchten.

Dabei kam es mitunter zu geradezu tragikomischen Zwischenfällen: So lehnte eine auf deutschem Boden errichtete *Marconi*station die Annahme eines vom deutschen Kaiser aufgegebenen Funkspruchs ab, weil die kaiserliche Jacht mit einem Funkgerät nach dem System *Slaby* ausgerüstet war und im Konzessionsvertrag der Station eine ausdrückliche Klausel über das Verkehrsverbot mit anders ausgerüsteten Stationen enthalten war.

Auf die Dauer waren indes diese Praktiken nicht durchzuhalten. In dem Maße, wie die deutschen Apparate und Telegrafiemethoden immer leistungsfähiger wurden, ließ sich auch das Monopol *Marconis* brechen, und es kam zu Vereinbarungen zwischen den Konkurrenten. Zudem vermochten sich im Jahre 1903 die beiden rivalisierenden deutschen Interessengruppen zu einigen, eine gemeinsame „Gesellschaft für drahtlose Telegrafie m. b. H., System Telefunken" zu gründen und damit die störende nationale Konkurrenz aufzugeben.

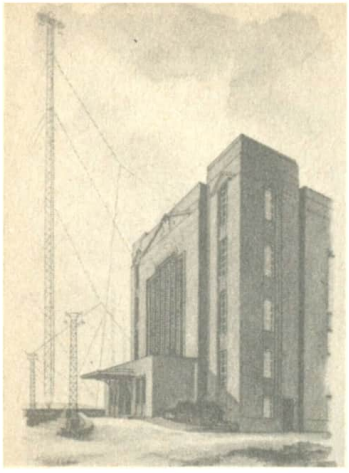


Funkstation nach dem System von Slaby-Arco (um 1900)

Innerhalb kurzer Zeit wurde aus der Telefunkengesellschaft, so ihr populärer Name, ein gewaltiger Industriekonzern, der im harten Konkurrenzkampf mit der englischen *Marconi*gesellschaft erfolgreich bestand. Ein großes Verdienst kommt hierbei *Slaby*s Assistenten Graf *G. v. Arco* zu, der *Slaby* nicht nur bei seinen wissenschaftlichen Untersuchungen maßgeblich unterstützt hatte, sondern auch die Geschäfte von Telefunken führte und Wesentliches zur Durchsetzung und technischen Ausführung von solchen für das Funkwesen revolutionären Neuerungen wie dem Löschfunken, dem Hochfrequenzmaschinensender oder der Röhrentechnik beigetragen hat.

Als Abkömmling eines alten aus Tirol stammenden Adelsgeschlechts wurde *Graf Georg von Arco* am 30. August 1869 auf dem väterlichen Rittergut Großgorschütz (Oberschlesien) geboren. Schon in seiner Kinder- und Jugendzeit prägte sich bei ihm, wie er in seiner Autobiographie [1] feststellt, ein intensiver „Spieltrieb für Maschinen" aus. Dennoch nahm er nach bestandenem Abitur nicht ein Ingenieurstudium auf, sondern belegte einige mathematische und physikalische Vorlesungen an der Berliner Universität, um dann eine Offizierslaufbahn einzuschlagen. Diese währt allerdings nur drei Jahre. 1893 nahm er an der TH Berlin-Charlottenburg ein Studium in den Fächern Maschinenbau/Elektrotechnik auf. Hier traf er auch mit *A. Slaby* zusammen, der ihn bei seinen Experimenten zur drahtlosen Telegrafie hinzuzog. Einen starken Eindruck von den Entwicklungsmöglichkeiten der neuen Technik hatte Arco zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht gewonnen, denn im Jahre 1898 bewarb er sich bei der AEG und war dort für die nächste Zeit als Ingenieur im Kabelwerk Oberspree tätig. Es ist sicherlich *Arco* zu danken, daß die Aufmerksamkeit der AEG auf die drahtlose Telegrafie gelenkt und schon bald ein Abkommen über die Ausnutzung von *Slaby*s Patenten und Erfahrungen geschlossen wurde, in dessen Folge dann die AEG das System *Slaby-Arco* entwickelte. Von nun an blieb auch der Lebensweg Graf *Arcos* untrennbar mit der Entwicklung der Funktechnik verbunden.

Zunächst ging es *Arco* darum, die Senderleistung immer weiter zu steigern, um so einen weltweiten Funkverkehr zu ermöglichen. Zu Hilfe kam ihm dabei die Er-

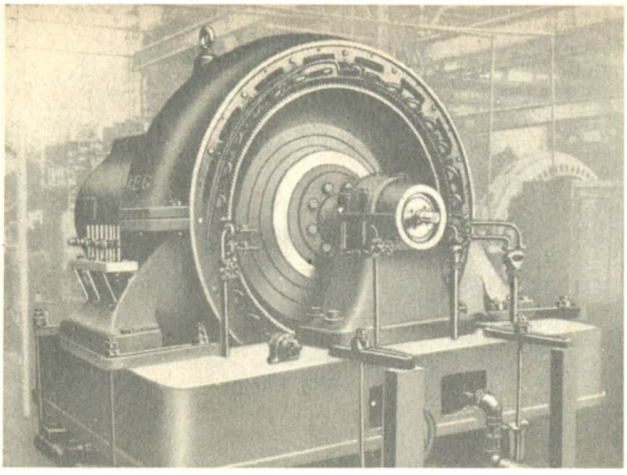


Station Nauen

findung des Löschfunkensenders durch den Physiker *Max Wien* (1866 bis 1938), dessen Wirkungsgrad erheblich über dem bis dahin üblichen *Braun*schen „Knallfunkensender" lag und der zudem ein schmaleres Frequenzband beanspruchte. *Arco* regte nicht nur Arbeiten zur technischen Vervollkommnung dieses Senderprinzips bei Telefunken an, sondern seine Bemühungen führten auch dazu, daß beim Ausbau der Großfunkstation Nauen 1909 ein Löschfunkensender installiert wurde. Der Aufbau der Station Nauen war eines der unbestreitbar größten Verdienste Graf *Arcos* und ließ zudem Telefunken zu einer Weltfirma werden.

Zunächst nur als Versuchsstation konzipiert, wurde Nauen gerade durch die Ausrüstung mit einem Löschfunkensender immer mehr zu einer Einrichtung für den regelmäßigen Funkbetrieb, deren wichtigste Aufgabe in der Aufnahme eines stabilen Funkverkehrs mit den damaligen deutschen Kolonien in Afrika sowie in der Wahrung militärstrategischer Interessen (Seekriegsflotte) bestand. Betrug die Leistung des ersten Löschfunkensenders kaum 35 kW, so hatte sich ein Jahrzehnt später die Sendeleistung Nauens schon verzehnfacht, so daß es 1918 keinen Ort der Welt gab, an dem man Nauen nicht hören konnte. Allerdings war man inzwischen zu einem neuen Senderprinzip übergegangen, dem Hochfrequenz-Maschinen-Sender mit magnetischem Frequenzwandler. Er stellte die erste technisch brauchbare Lösung dar, ungedämpfte Wellen stabil und mit hoher Leistung zu erzeugen. An seiner praktischen Durchsetzung ist Graf *Arco* in herausragender Weise beteiligt gewesen.

Als an der Wende zu den 20er Jahren die Röhrentechnik sich im Funkwesen immer stärker Bahn brach, hat auch *Arco* viel zu deren Fortschritt beigetragen, indem er — ihre vielseitigen Möglichkeiten sofort überschauend — umfangreiche Forschungen in den Laboratorien von Telefunken anregte. Mehr als 400 Patentanmeldungen und eine Fülle weiterer wissenschaftlicher Beiträge wiesen ihn am Ende seines Lebens — er starb am 5. Mai 1940 in Berlin — ebenso wie seinen Lehrer *A. Slaby* als einen der bedeutendsten Pioniere in der Geschichte der drahtlosen Telegrafie aus; halfen doch beide jene Wege ebnen, auf denen die moderne Funktechnik bis heute voranschreiten kann.



Hochfrequenz-
generator
der Station Nauen

Eine Lebensbeschreibung beider Forscher wäre unvollständig, wenn nicht auch noch auf deren umfangreiches gesellschaftspolitisches Wirken hingewiesen würde. *A. Slaby* war einer der Exponenten im Kampf um die völlige Gleichberechtigung der Technischen Hochschulen und einer umfassenden sozialen Anerkennung der Ingenieure. [vgl. 7] In diesem Kampf vermochte er seine enge Beziehung zur kaiserlichen Familie erfolgreich auszunützen. So ist es keineswegs zufällig, daß er im Jahre 1898 als erster Vertreter einer deutschen Technischen Hochschule ins Preußische Herrenhaus berufen wurde und ein Jahr später den Technischen Hochschulen das Promotionsrecht zuerkannt worden ist. Darüber hinaus hat *Slaby* in amtlichen Stellungen und in mehreren wissenschaftlich-technischen Gesellschaften, so im „Verein Deutscher Ingenieure" und im „Verband Deutscher Elektrotechniker", eine umfangreiche und erfolgreiche Tätigkeit entfaltet, die ihn als eine der einflußreichsten Persönlichkeiten unter den Hochschultechnikern seiner Zeit ausweisen.

Das gesellschaftliche Wirken Graf *G. v. Arcos* war gänzlich anderer Natur und konzentrierte sich nicht so sehr auf das wissenschaftspolitische, sondern vielmehr auf das philosophisch-weltanschauliche Gebiet. Zeugnis für eine nicht nur philosophischen Fragen aufgeschlossene, sondern in gleicher Weise auch fortschrittliche Geisteshaltung liefern seine Aktivitäten im Rahmen der Monistenbewegung sowie des Berliner Kreises für empirische Philosophie, vor allem jedoch sein aktives Auftreten im Rahmen der pazifistischen Bewegung des ersten Weltkrieges und der „Gesellschaft der Freunde des Neuen Rußland", zu deren Mitbegründern er im Jahre 1923 zählte. [vgl. 5] Daß er im Jahre 1929 seinen 60. Geburtstag demonstrativ in Moskau feierte, darf bei seiner gesellschaftlichen Position und sozialen Herkunft zudem als ungewöhnliche Geste gewertet werden, die jedoch zeigt, daß Graf *G. v. Arco* nicht nur auf wissenschaftlichem Gebiet allem Neuen aufgeschlossen gegenüberstand.

Lebensdaten zu Adolf Slaby

1849	Am 18. April in Berlin geboren
1868 bis 1873	Studium an der Berliner Gewerbeakademie
1873	Promotion in Jena
1873 bis 1883	Lehrer an der Gewerbeschule in Potsdam
1883	Berufung auf den neugegründeten Lehrstuhl für Elektrotechnik der TH Berlin-Charlottenburg; in den folgenden Jahren Aufbau des elektrotechnischen Laboratoriums
1894	*A. Slaby* publiziert sein umfassendes Werk zur Thermodynamik von Gasmaschinen, das den Abschluß der in den 70er Jahren aufgenommenen Arbeiten bildet
1897	Beginn der Arbeiten zur drahtlosen Telegrafie
1898	Entwicklung des Telegrafiesystems *Slaby-Arco* unter finanzieller Beteiligung der AEG
1911	Wegen Krankheit scheidet *A. Slaby* aus seinen beruflichen und öffentlichen Ämtern aus
1913	*Adolf Slaby* stirbt am 6. April in Berlin

Lebensdaten zu Graf Georg von Arco

1869	Am 30. August in Großgorschütz (Oberschlesien) geboren
1890 bis 1891	Studium der Mathematik und Physik in Berlin
1891 bis 1893	Militärdienst
1893 bis 1897	Studium von Maschinenbau und Elektrotechnik an der TH Charlottenburg
1897	Assistent *Slabys*
1898	Elektroingenieur im Kabelwerk Oberspree Fortsetzung der Arbeiten zur drahtlosen Telegrafie und Entwicklung des Systems *Slaby-Arco*
1903	Übernahme der technischen Leitung der neugegründeten Telefunkengesellschaft
1906	Beginn des Aufbaus der Station Nauen
1909	Ausrüstung der Station mit einem Löschfunkensender
1912	Inbetriebnahme des Hochfrequenz-Maschinen-Senders in Nauen
1923	Gründung der Gesellschaft der Freunde des Neuen Rußland, in deren Vorstand Graf *Arco* lange Jahre wirkte
1940	Graf *G. v. Arco* stirbt am 5. Mai in Berlin

Literaturverzeichnis zu Adolf Slaby und Graf Georg von Arco

[1] *Arco, G. v.:* Was bestimmend war für meinen Lebensweg. In: Die Umschau, Frankfurt am Main 35 (1931) 10, 185—190.

[2] *Arco, G. v.:* Wege und Werden. In: 25 Jahre Telefunken. Festschrift der Telefunken-Gesellschaft. Berlin 1928, S. 27—44.

[3] *Conrad, W.:* Forscher — Funker — Ingenieure. Leipzig 1967.

[4] *Goldbeck, G.:* Gebändigte Kraft. München 1965, S. 90ff.

[5] *Kirsten, Chr., H.-J. Treder (Hrsg.):* Albert Einstein in Berlin 1915—1933. Berlin 1979. S. 199; S. 215ff.

[6] *Krause, M.:* Erinnerungen an Adolf Slaby. Berlin 1913.
[7] *Manegold, K.-H.:* Universität, Technische Hochschule und Industrie. Berlin (West) 1970, S. 205 ff.
[8] *Rukop, H.:* Dr. Ing. e. h. Georg Graf von Arco. In: Telefunken-Mitteilungen, Berlin 21 (1940) 83, 1—4.
[9] *Schröter, F.:* Georg Graf von Arco. In: Telefunken-Zeitung Berlin 9 (1928) 50, 5—7.
[10] *Slaby, A.:* Kalorimetrische Untersuchungen über den Kreisprozeß der Gasmaschinen. Berlin 1894.
[11] *Slaby, A., O. Nairz:* Entdeckungsfahrt in den elektrischen Ozean. Berlin 1926.
[12] Adolf Slaby. In: Zeitschrift des VDI, Berlin 57 (1913) 20, 764—766.

Karl Ferdinand Braun (1850 bis 1918)

Als im Jahre 1888 *Heinrich Hertz* (1857 bis 1894) der experimentelle Nachweis der elektromagnetischen Strahlung gelungen war, setzten sehr bald auch Versuche ein, diese Entdeckung nachrichtentechnisch nutzbar zu machen. Unter den zahllosen Forschern, die sich im ausgehenden 19. Jh. diesem Problem widmeten, nimmt der Straßburger Physiker *Karl Ferdinand Braun* eine besondere Rolle ein, da seine Forschungen wichtige Wendepunkte in der Entwicklung von Funk- und Fernsehtechnik markieren und ihn so zu einem der bedeutendsten Pioniere der Nachrichtentechnik machen. Zudem trat in der Person *Brauns* den Ingenieuren und Technikern dieses Gebietes der Wissenschaftler an die Seite, der sich mit theoretisch-wissenschaftlicher Systematik den ungeklärten Fragen der Nachrichtentechnik zuwandte und gleichzeitig die technische Anwendung seiner wissenschaftlichen Erkenntnisse konsequent förderte. Damit war *Braun* einer der ersten Wissenschaftler, die mit ihrem wissenschaftlichen Lebenswerk die uns heute so selbstverständlich erscheinende wechselseitige Befruchtung von Naturwissenschaft und Technik sichtbar gemacht und zudem mit aller Kraft in die Tat umgesetzt haben. Mit seinen fundamentalen Beiträgen zur Klärung der physikalischen Grundlagen der Hochfrequenztechnik sowie durch die Erfindung der Kathodenstrahlröhre, die sich in den letzten Jahrzehnten zu einem Universalwerkzeug von Physik und Technik entwickelt hat, trug er zur Revolutionierung der Produktivkräfte im 20. Jh. bei.

Als Sohn eines hessischen Beamten wurde *Karl Ferdinand Braun* am 6. Juni 1850 in Fulda geboren. Hier verlebte er auch seine Kindheit und Jugend. Nach erfolgreichem Abschluß des Fuldaer Gymnasiums begann *F. Braun* 1868 in Marburg und seit 1869 in Berlin mit dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften. Recht schnell scheint man auf *Brauns* wissenschaftliches Talent aufmerksam geworden zu sein, durfte er doch in Berlin im Privatlaboratorium von *Heinrich Gustav Magnus* (1802 bis 1870), dem Berliner Ordinarius für Physik, arbeiten. Die Zulassung zum *Magnus*schen Laboratorium war eine Auszeichnung besonderer Art, die nur den besten Berliner Studenten eingeräumt wurde. Nicht zufällig sind aus diesem Kreis viele bedeutende Wissenschaftler der zweiten Hälfte des 19. Jh. hervorgegangen — neben *Braun* waren es vor allem *Hermann von Helmholtz* (1821 bis 1894), *Emil du Bois-Reymond* (1818 bis 1896), *Gustav Robert Kirchhoff* (1824 bis 1887) und *Rudolf Julius Clausius* (1822 bis 1888).

Karl Ferdinand Braun

Nach dem Tode von *G. Magnus* im Jahre 1870 führte *F. Braun* sein Studium unter der Anleitung des Physikers *Georg Hermann Quincke* (1834 bis 1924) fort, den man als seinen eigentlichen Lehrer bezeichnen darf und der an der Berliner Gewerbeakademie, der Vorläuferinstitution der 1879 gegründeten TH Berlin-Charlottenburg, wirkte. Im Mittelpunkt seines wissenschaftlichen Interesses standen damals Untersuchungen über Saitenschwingungen, womit er im Jahre 1872 auch an der Berliner Universität zum Doktor der Philosophie promoviert wurde. Da die wirtschaftlichen Verhältnisse *Brauns* keine Karriere als Universitätslehrer zuließen — sein Vater war nicht in der Lage, die Assistenten- bzw. Privatdozentenzeit finanziell zu überbrücken —, legte er 1873 in Marburg das Staatsexamen für Gymnasiallehrer ab und ging im folgenden Jahr als zweiter Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften an die Thomasschule nach Leipzig.

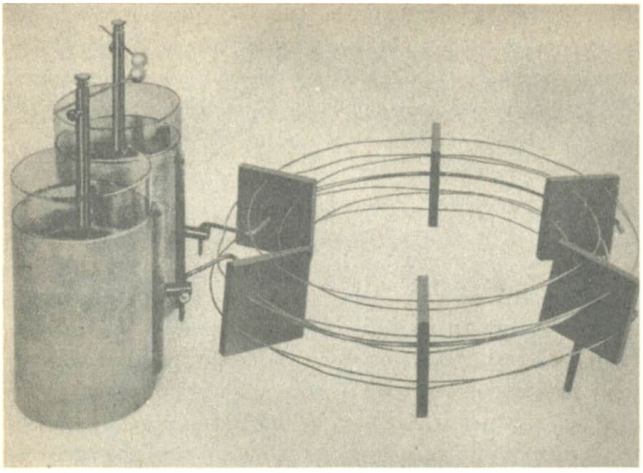
Neben den beruflichen Pflichten fand in Leipzig auch seine intensive wissenschaftliche Tätigkeit, die vor allem Schwingungs- und Stromleitungsuntersuchungen galt, ihre Fortsetzung. Dem 24jährigen gelang dabei seine erste große Entdeckung: Er bemerkte, daß „bei einer großen Anzahl natürlicher und künstlicher Schwefelmetalle ... der Widerstand derselben verschieden war mit Richtung, Intensität und Dauer des Stromes. Die Unterschiede betragen bis zu 30 % des ganzen Werthes." [1] Damit war der Gleichrichtereffekt an Kristallen entdeckt, dessen Tragweite erst in den folgenden Jahrzehnten voll sichtbar wurde, bei *Brauns* Fachkollegen hingegen nur auf geringe Resonanz stieß. Dennoch begründete diese Entdeckung den wissenschaftlichen Ruf *F. Brauns*, stellte er doch immerhin einen Grundpfeiler der damaligen Elektrizitätslehre, das *Ohm*sche Gesetz, in Frage. Eine Erklärung des Effekts konnte *Braun* — so sehr er sich in den folgenden Jahrzehnten auch immer wieder darum bemühte — nicht geben. Dafür fehlten damals noch fast sämtliche physikalische Grundlagen. Erst unser Jahrhundert schuf diese in Form der modernen, von quantenmechanischen Grundsätzen ausgehenden Festkörperphysik.

Ein erstes Anwendungsgebiet bot sich dem Gleichrichtereffekt jedoch schon im ausgehenden 19. Jh., indem Detektoren mit Spitzenkontakt zum Empfang von

Funksignalen in der drahtlosen Telegrafie genutzt wurden. Entsprechende Anregungen waren von *F. Braun* ausgegangen, als er sich 1897 der drahtlosen Telegrafie zugewandt hatte und dabei auch auf das Problem eines zuverlässigen Empfängers gestoßen war. *Braun*, als Physiker im allgemeinen mit klaren und sicher reproduzierbaren Versuchsbedingungen umzugehen gewohnt, erkannte, daß der zur damaligen Zeit übliche Kohärer mit viel zu großen Unsicherheiten behaftet war und so das Problem einer zuverlässigen und empfindlichen Empfangsanordnung für die elektromagnetischen Signale nicht grundsätzlich lösen konnte. Auf der Suche nach einem Ersatz für den Kohärer erinnerte sich *Braun* seiner Leipziger Untersuchungen. [4] Er ging dabei von der Überzeugung aus, daß die gleichrichtenden Kristalle einen Detektor abgeben mußten, vorausgesetzt natürlich, daß sie auch noch für Wechselströme von so hoher Frequenz, wie man sie in der drahtlosen Telegrafie verwendet, als Gleichrichter wirkten. Als entsprechende Versuche diese Vermutung um die Jahrhundertwende bestätigten, konnte der Kristalldetektor seinen Siegeszug in der Funktechnik beginnen. Allerdings stieß die praktische Durchsetzung zunächst auf nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten, da die ersten Kristalldetektoren hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber dem Kohärer noch keine wesentliche Verbesserung erbrachten. Erst als man in der drahtlosen Telegrafie zu immer größeren Entfernungen und vom Schreib- zum Hörempfang überging, konnte sich der *Braun*sche Detektor als Empfangsprinzip in der Funktechnik durchsetzen. Über Jahre hinweg blieb er der billigste und verbreitetste Empfänger, bis die Entwicklung der Vakuumröhre ihm auch auf diesem Felde den Rang streitig machte. Später, mit der Einführung der UKW-Technik, traten Spitzendetektoren erneut auf den Plan, und sie fanden in der Anfangszeit des Radars eine weite Verbreitung.

Der Gleichrichtereffekt mündete schließlich Mitte unseres Jahrhunderts in die Entwicklung des Transistors ein und trug so zur Herausbildung eines ganzen Industriezweiges, der Halbleiterindustrie, bei.

Von *Brauns* wissenschaftlichen Untersuchungen profitierte aber nicht nur die Empfängerseite der drahtlosen Telegrafie, sondern auch — und dies sogar in weit stärkerem Maße — die Sendeseite. Als *F. Braun* sich für die drahtlose Telegrafie zu interessieren begann, war man sich über die physikalischen Vorgänge, die dabei abliefen, fast völlig im unklaren. Der Italiener *Guiglielmo Marconi* (1874 bis 1937) und die anderen Pioniere dieses Gebietes hatten ihre Erfolge allein auf empirischem Wege, d. h. durch mehr oder weniger systematisches Probieren, erzielt. *Marconi* experimentierte dabei mit einer Sendeanordnung, die vom Prinzip her schon *H. Hertz* benutzt hatte. Der Sender bestand aus einem Antennen- und Erdleitungsdraht, die mit Hilfe einer Stromquelle so lange gegeneinander aufgeladen wurden, bis ein Funken die Unterbrechungsstrecke übersprang und so kurzwellige elektromagnetische Schwingungen auslöste, die dasselbe System dann ausstrahlte. Da beide Funktionen — Erzeugung und Ausstrahlung — sich gegenseitig behindern, hatte man sehr schnell die Grenze dieses Sendesystems erreicht; jedenfalls schien an der Wende zum 20. Jh. die Entwicklung der drahtlosen Telegrafie zu stagnieren. Zu jener Zeit kam man über eine Reichweite von etwa 20 km nicht hinaus und konnte vor allem auch nicht angeben, auf welchem Wege eine Verbesserung zu erreichen sei.



Braunscher Schwingkreis

Hier setzten nun die Bemühungen *F. Brauns* ein, dessen Idee, Schwing- und Antennenkreis voneinander zu trennen, für die noch junge Technik wegweisend werden sollte. In kürzester Frist entwickelte *Braun* seinen gekoppelten Sender, der im Primärkreis aus einem Kondensatorkreis mit Funkenstrecke bestand, an den sekundär der strahlende Antennenkreis induktiv angekoppelt war. Auf diese Weise ließ sich die Energie der erzeugten elektromagnetischen Schwingungen ohne größere Schwierigkeiten in viel stärkerem Maße steigern, als dies beim *Marconi*-Sender möglich war. Im gekoppelten Kondensatorkreis hatte *Braun* das Mittel gefunden, das der jungen drahtlosen Telegrafie die Energie zuführte, die sie brauchte, um Technik zu werden. Darüber hinaus war damit das Grundprinzip geschaffen, auf dem noch heute — trotz mannigfacher Modifikationen — alle modernen Sendeanordnungen aufbauen.

Bereits in den Jahren 1899/1900 konnte *Braun* recht leistungsfähige Anlagen vorführen, die im Vergleich zur Anordnung *Marconis* bedeutend größere Reichweiten aufwiesen und so erstmals eine wirkliche Ferntelegrafie möglich machten. Von Monat zu Monat wuchsen nun die Übertragungsentfernungen, und 1901 gelang es *Marconi* mit Hilfe eines *Braun*schen Senders, eine Funkverbindung zwischen England und Nordamerika, d. h. über eine Entfernung von 2 100 km, herzustellen. In Anerkennung ihrer Verdienste um die Entwicklung der drahtlosen Telegrafie wurde *Braun* und *Marconi* der Nobelpreis für Physik des Jahres 1909 zuerkannt.

Parallel zu diesen Bemühungen liefen auch schon Versuche, die gedämpften Schwingungen, die der *Braun*sche Sender lieferte, durch ungedämpfte zu ersetzen. [9] Dazu schlug *Braun* vor, die Funkentelegrafie wegen der starken Dämpfung der Knallfunkenschwingung durch eine „funkenlose" Telegrafie zu ersetzen und dabei mittels Wechselstromgeneratoren ungedämpfte Schwingungen zu erzeugen. Die Bemühungen, wie auch Versuche mit Hilfe von Kathodenstrahlröhren eine Rückkopplungsschaltung aufzubauen, sowie Experimente, mehrere Schwingkreise gleichzeitig und gleichphasig zur Wirkung zu bringen, zeitigten allerdings keinen Erfolg. Sie ebneten jedoch den Weg für künftige Entwicklungen auf diesem Gebiet.

Köpsel, Braun und Zenneck (v. l.) in einer Station für drahtlose Telegrafie

Braun beschäftigte von Anfang an ein weiteres wichtiges Problem der Funktechnik: der gerichtete Sender und Empfänger. Diesem Problem wandte er sich immer wieder zu. Er war einer der ersten, denen die gerichtete Abstrahlung der elektromagnetischen Wellen gelang. *Braun* hat auch die ersten messenden Versuche mit der Rahmenantenne durchgeführt. Schon 1899 hatten ihn physikalische Überlegungen zur Idee der Rahmenantenne geführt, doch gelang deren praktische Ausführung erst 1913 mit den Mitteln der neuen Röhrentechnik. Wenn sich in den folgenden Jahrzehnten die Rahmenantenne zu einer der verbreitetsten Empfangsanordnungen entwickeln konnte, so ist das nicht zuletzt auch dem Wirken *F. Brauns* zu danken.

Die richtungweisenden Arbeiten *F. Brauns* auf dem Gebiete der drahtlosen Telegrafie machten das physikalische Institut der Universität Straßburg, dessen Direktor er im Jahre 1895 geworden war, zu einem national wie international geachteten Zentrum der Hochfrequenzphysik und ließen ihn selbst zum Haupt einer ganzen Schule von Hochfrequenzphysikern werden. Eine ganze Reihe bedeutender Wissenschaftler ging aus dieser Schule hervor. Zu ihnen zählt *Jonathan Zenneck* (1872 bis 1959), der sich um die technische Physik in Deutschland große Verdienste erwarb und daneben zu den Pionieren der Ionosphärenforschung zählt. Auch *Leonid Isaakowitsch Mandelstam* (1879 bis 1944) und *Nikolai Dmitrijewitsch Papalexi* (1880 bis 1947), die die Hochfrequenzphysik samt ihren technischen Anwendungen in der jungen Sowjetunion begründen halfen, sind in den Jahren vor dem ersten Weltkrieg Assistenten *Brauns* in Straßburg gewesen.

Seinen Ruf als einer der bedeutendsten Hochfrequenzphysiker seiner Zeit hatte *F. Braun* bereits 1897 mit einer Erfindung begründet, die seinen Namen mehr noch als die Arbeiten zur drahtlosen Telegrafie im Bewußtsein der wissenschaftlichen Öffentlichkeit bewahrt hat. Gemeint ist die „Braunsche Röhre" bzw. der Kathodenstrahloszillograph [2], dessen Verwendbarkeit sich heute auf viele Gebiete erstreckt, in denen man sich für rasch veränderliche Vorgänge interessiert. Er entwickelte sich in den zurückliegenden Jahrzehnten zu einem echten Universalwerkzeug der modernen Physik und Technik.

Die *Braun*sche Röhre beruht auf dem sehr einfachen und dennoch genialen Gedanken, die Kathodenstrahlen, deren Eigenschaften (u. a. Ablenkbarkeit, Fluoreszenz) *Braun* aus seinen bisherigen Forschungen sehr gut kannte, für die Darstellung hochfrequenter Schwingungen auszunutzen. Die erste Ausführung der Röhre besaß eine kalte Kathode, eine Lochblende sowie einen Schirm mit phosphoreszierender Substanz, auf dem die Spur der magnetisch abgelenkten Kathodenstrahlen aufgezeichnet wurde. Da man zunächst nur mit einem mäßigen Vakuum (es handelte sich damals eigentlich noch gar nicht um eine Vakuum-, sondern um eine Ionenröhre) arbeitete, waren sehr hohe Anodenspannungen (bis zu 100000 V) notwendig. Anfangs wurde der Kathodenstrahl auch nur in einer Richtung abgelenkt, so daß die Bewegung des Lichtflecks mit Hilfe eines Drehspiegels auseinandergezogen werden mußte, um z. B. als sinusförmiges Kurvenbild einer Wechselspannung erscheinen zu können. Erst als *Brauns* Assistent *J. Zenneck* 1899 Kippschwingungen zur senkrechten Ablenkung der Kathodenstrahlen benutzte, konnte auf den Drehspiegel verzichtet werden. Technische Verbesserungen wie die Einführung von Glühkathode und Wehneltzylinder, die Entwicklung der Hochvakuumtechnik oder die Vervollkommnung der Elektronenoptik erschlossen der *Braun*schen Röhre in der Folgezeit immer weitergehende Anwendungsbereiche in Physik und Technik. Es war für die beginnende Epoche des Imperialismus kennzeichnend, daß sich umgehend industrielle Kreise für die *Braun*schen Erfindungen zu interessieren begannen und insbesondere die Ergebnisse seiner nachrichtentechnischen Forschungen sehr schnell kommerziell ausnutzten. Auf der Grundlage eines Patents für den *Braun*schen Sender wurde im Jahre 1898 eine Gesellschaft für drahtlose Telegrafie ins Leben gerufen, deren direkter Nachkömmling der im Jahre 1903 gegründete Telefunkenkonzern ist. Bei der wirtschaftlichen Ausnutzung seiner Patente bekam *Braun*, der der Gesellschaft bis zu seinem Tode verbunden blieb, zu spüren, daß dabei nicht so sehr der wissenschaftlich-technische Fortschritt, sondern vor allem die Interessen des Unternehmens Umfang, Richtung und Anwendung der Entdeckung bestimmen. Ein beredtes Beispiel dafür war die Einführung des Kristalldetektors in die Funktechnik, die aus Profitinteressen eine mehrjährige Verzögerung erfuhr.[7]

Als *Ferdinand Braun* am 20. April 1918 fern der Heimat in New York starb, stand auch diese Tatsache in einem mittelbaren Zusammenhang zu Interessen des deutschen Monopolkapitals. Trotz einer erschütterten Gesundheit hatte sich der 64jährige *Braun* entschlossen, die Strapazen einer Amerikareise auf sich zu nehmen, um durch sein Auftreten in einem Patentprozeß die Schließung der Großfunkstelle Sayville (der Gegenstation zum Sender Nauen) zu verhindern. Da der Prozeß sich hinzog, wurde er vom Kriegseintritt der USA überrascht. Als Kriegsinternierter lebte er bis zu seinem Tode relativ unbehelligt im New-Yorker Stadtteil Brooklyn.

Lebensdaten zu Karl Ferdinand Braun

1850	Am 6. Juni in Fulda geboren
1872	Promotion in Berlin
1874 bis 1877	Lehrer am Leipziger Thomasgymnasium
1874	Entdeckung des Gleichrichtereffekts

1877 bis 1879	Außerordentlicher Professor in Marburg
1880 bis 1882	Außerordentlicher Professor in Straßburg
1883 bis 1885	Ordentlicher Professor in Karlsruhe
1885 bis 1895	Ordentlicher Professor in Tübingen
1887	Entdeckung des *Le Chatelier-Braun*schen Prinzips
1895 bis 1918	Ordentlicher Professor in Straßburg
1897	Beschreibung der Braunschen Röhre; Beginn der Arbeiten zur drahtlosen Telegrafie
1898	„Funkentelegraphie GmbH" in Köln gegründet
1899	Kristalldetektor
1903	Gründung von „Telefunken" in Berlin
1909	Nobelpreis für Physik
1913	Entwicklung der Rahmenantenne vollendet
1918	Am 20. April in New York verstorben

Literaturverzeichnis zu Karl Ferdinand Braun

[1] *Braun, F.:* Über die Stromleitung durch Schwefelmetalle. In: Annalen der Physik und Chemie 153 (1874) Leipzig, S. 556—563.

[2] *Braun, F.:* Über ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufs variabler Ströme. In: Annalen der Physik und Chemie, Leipzig 60 (1897), S. 552—559.

[3] *Braun, F.:* Über drahtlose Telegrafie und neuere physikalische Forschung. Rektoratsrede Straßburg 1905.

[4] *Braun, F.:* Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegrafie. Nobelvortrag 1909. Nobel-lectures (physics), Amsterdam 1967.

[5] *Kurylo, F.:* Ferdinand Braun. München 1965.

[6] *Mandelstam, L., N. Papalexi:* Ferdinand Braun zum Gedächtnis. In: Die Naturwissenschaften, Berlin 16 (1928), S. 623.

[7] *Schreier, W., H. Schreier:* Ferdinand Braun. In: Physik in der Schule. Berlin 13 (1975) 6, S. 253—261.

[8] *Zenneck, J.:* Zum 50jährigen Jubiläum der Braunschen Röhre. In: Die Naturwissenschaften, Berlin 35 (1948) 33.

[9] *Zenneck, J.:* F. Braun und die Rückkopplung. In: Die Naturwissenschaften, Berlin 37 (1950) 10, S. 463.

Paul Nipkow (1860 bis 1940)

Paul Nipkow gehört zu den Männern, die sich um die Entwicklung des Fernsehens verdient gemacht haben.

Er wurde am 22. 8. 1860 in Lauenburg (Lébork) in der damaligen Provinz Pommern geboren. Später besuchte er das Gymnasium in Neustadt (Wejkerowo) im damaligen Westpreußen, um sich anschließend einem naturwissenschaftlichen Studium in Berlin zu widmen. Als Student belegte er Vorlesungen bei *Hermann v. Helmholtz* (1821 bis 1894) und *Adolf Slaby* (1849 bis 1913). Nachdem er bereits in seiner Gymnasialzeit aus praktischen Experimenten mit dem Telefon erste An-

Patentschrift Nr. 30105 zum elektrischen Teleskop (1884)

KAISERLICHES PATENTAMT.

AUSGEGEBEN DEN 15. JANUAR 1885.

PATENTSCHRIFT

— № 30105 —

KLASSE 21: ELEKTRISCHE APPARATE.

PAUL NIPKOW IN BERLIN.

Elektrisches Teleskop.

Patentirt im Deutschen Reiche vom 6. Januar 1884 ab.

Der hier zu beschreibende Apparat hat den Zweck, ein am Orte *A* befindliches Object an einem beliebigen anderen Orte *B* sichtbar zu durchlaufenden polarisirten Lichtstrahles unter dem Einfluß eines die Spirale durchströmenden elektrischen Stromes zu drehen, z. B. ein Cy-

regungen für die gedankliche Beschäftigung mit dem „Fernsehen" erhalten hatte — „daraus erwuchs in mir der Begriff des elektrischen Fernsehens. Und seitdem verfolgte mich der Gedanke ständig" [3; S. 14] —, fühlte er sich offenbar nun auch zu theoretischer Beschäftigung mit diesem Gegenstand inspiriert. Bei *Helmholtz* hörte er über dessen Lieblingsthema, die physiologische Optik, und durch *Slaby* wurde er mit neuen elektrophysikalischen Problemen bekannt gemacht. Das Zustandekommen seiner Entdeckung beschreibt *Nipkow* wie folgt: „Es war am heiligen Abend 1883 in Berlin-NW, dem ‚Quartier Latin' in meiner Studentenbude, Philippstraße 13a, gegenüber der Kirche. Ich saß allein, vor mir eine Petroleumlampe; ich allein mit meinen Lieblingsgedanken. Da kam mir endlich die Lösung; mühelos, automatisch, die ‚Generalidee des Fernsehens'. Da sah ich ein Bild mosaikartig in Punkte und Zeichen zerlegt und eine spiralgelochte, rotierende Scheibe. Dabei wurden die Lichtpunktserien in entsprechende elektrische Impulsserien verwandelt und dann im Empfänger wieder mittels einer gleichlaufenden Lochscheibe in einem Bilde zusammengesetzt ... Jedoch ging all diesen Gedanken die Überlegung voraus, daß das Fernsehen nur gelingen konnte unter Ausnutzung der Trägheit des Auges." [2; S. 44] Allerdings scheinen diese Feststellungen *Nipkows* — namentlich was die „Generalidee des Fernsehens" anbetrifft — mehr aus seiner retrospektiven Erinnerung denn aus dem unmittelbaren zeitgenössischen Eindruck niedergeschrieben worden zu sein.

Einstweilen entschloß sich der knapp 24jährige Entdecker, seine Gedanken als Patentschrift dem Kaiserlichen Patentamt in Berlin einzureichen. Am 15. Januar 1885 wurde ihm unter der Nr. 30105 in der Klasse 21 „Elektrische Apparate" das Reichspatent über ein „Elektrisches Teleskop" erteilt, rückwirkend patentiert im „Deutschen Reich vom 6. Januar 1884 ab".

Nipkow formulierte seine Patentansprüche wie folgt: „Zur elektrischen Wiedergabe leuchtender Objekte die Verbindung eines Gebers, bei welchem eine mit auf einer Spirale liegenden Öffnungen versehene und gleichmäßig gedrehte Scheibe T zwischen dem wiederzugebenden leuchtenden Gegenstand und einer in einen elektrischen Stromkreis eingeschaltete Selenzelle L liegt, mit einem Empfänger, bei

welchem eine mit derselben Geschwindigkeit wie T gedrehte Scheibe T 1 von gleicher Beschaffenheit wie T zwischen dem Beobachter und einer Lichtquelle sich bewegt, während der durch die Selenzelle L gehende Strom auf die Rotationsebene eines circularpolarisierenden Mittels wirkt, welches zwischen Beobachter und Lichtquelle im Empfänger eingeschaltet ist." [1; S. 3] Die Helligkeit eines mittels dieser rotierenden Scheibe abgetasteten Bildes sollte also über eine Selenzelle in elektrische Stromschwankungen umgesetzt werden. Ihre Rückverwandlung in Licht im Empfänger sollte durch ein Lichtrelais erfolgen, das auf dem nach *Michael Faraday* (1791 bis 1867) benannten *Faraday*-Effekt beruht.

Weitergehende Patentansprüche erhob *Nipkow* auf die Verwendung von „Pan- oder Copirtelegraphen an Stelle der Scheiben T und T_1" sowie auf die Verwendung einer Rußzelle, Rußtrommel oder eines Thermophonempfängers an Stelle der Selenzelle bzw. einiger anderer Vorrichtungen, die zum Ersatz des Polarisationsapparates dienen. [1; S. 4]

Es ist nicht bekannt, ob *Nipkow* auf der Basis seines ihm erteilten Patents jemals experimentiert und sich um dessen praktische Realisierung bemüht hat. Offensichtlich hat er auch die von ihm entworfene Apparatur niemals selbst gebaut, um sich von ihrer tatsächlichen Funktionsfähigkeit zu überzeugen. Auch anderswo fand seine Erfindung zunächst kein Interesse, so daß sein Patent nach 15 Jahren ungenutzt verfiel.

Die Originalität von *Nipkows* Erfindung beschränkte sich auf die seinen Namen tragende Spirallochscheibe als *eine* Methode der mechanischen Bildfeldzerlegung. Sein Anspruch, die „Generalidee des Fernsehens" entdeckt zu haben [2; S. 44], hält dagegen weder der damaligen noch der nachmaligen Überprüfung der Realitäten stand. Die „Prinzipien der Rasterung, der Zeilenabtastung und des Gleichlaufs von Bildabtaster und Bildschreiber ... waren ... schon vierzig Jahre vor *Nipkows* Patentanmeldung von *Alexander Bain* angegeben worden. Sie wurden sämtlich schon vor Nipkows Geburt in der Bildtelegrafie-Technik allgemein verwendet und bestimmten auch die Überlegungen all derer, die sich neben Nipkow u. z. T. schon vor ihm um die mechanisch-optische Bildfeldzerlegung zu Fernsehzwecken verdient gemacht hatten". [5; S. 56] Ein anderer Autor schreibt: „Streng genommen gebietet es die Objektivität, den Franzosen Constantin Senlecq als den gedanklichen Vater des Fernsehens zu bezeichnen, wenn man dabei unberücksichtigt lassen will, daß die wesentlichste Einzelheit, nämlich die Zerlegung des Bildfeldes in Punkte und Zeichen, schon ganz klar unter anderem von Alexander Baine (1810 bis 1877 — d. Verf.) und Giovanni Caselli (1815 bis 1891 — d. Verf.) (1855) angegeben worden ist; freilich nur für die Bildtelegraphie." [3; S. 16] *Nipkows* Behauptung, die „Generalidee des Fernsehens" entdeckt zu haben — von der überdies nicht sicher ist, ob sie ihm nicht in den Mund gelegt wurde —, gehört mit Sicherheit einer späteren Zeit an, da das Wort „Fernsehen" erst 1891 mit *E. Liesegangs* Buch „Beiträge zum elektrischen Fernsehen" in den Sprachgebrauch eingeführt wurde. In diesen Jahren hatte *Nipkow* seine „Fernseh"ambitionen bereits ad acta gelegt.

Schließlich wird *Nipkow* ein „dilettantisches Verhältnis zur apparativen Entwicklung der Bildtelegrafie" nachgesagt, da „er zur technischen Realisierung seines ‚elektrischen Teleskops' ausgerechnet solche Bauteile vorschlug, die kurz zuvor in der Fachpresse als für Bildübertragungszwecke erwiesenermaßen für untauglich

befunden worden waren". [5; S. 56] Insofern ist auch *Nipkow* in das Urteil des deutschen Physikers und Hochschullehrers *Arthur Korn* (1870 bis 1945) und *Glatzel* aus dem Jahre 1911 hinsichtlich der bis dahin verfolgten Fernsehpläne einzuschließen, wonach „alle bisherigen Ideen, welche das Ziel verfolgen, mit Hilfe einer Fernleitung oder einer Doppelleitung in die Ferne zu sehen, durchaus phantastischer Natur (sind); die Autoren solcher Ideen waren meist Optimisten, welche mit den Schwierigkeiten des Problems nicht vertraut waren, teilweise aber auch Erfinder, die mehr darauf ausgingen, durch prahlerische Anpreisungen ihrer vermeintlichen Methoden ephemeren Ruhm oder Geld zu erwerben, als nützliche Arbeit zu verrichten". [3; S. 19]

Der weitere Lebensweg *Nipkows* von den 80er Jahren des 19. Jh. bis Ende der 20er Jahre des 20. Jh. vollzog sich völlig abseits von der theoretischen und apparativen Entwicklung des Fernsehens. Indessen war die Realisierung dieses Kommunikationsmediums im Verlauf der zwanziger Jahre durch die Bemühungen vieler Fernsehamateure so weit vorangeschritten, daß mechanisch-optische Versuche im Labor erste bescheidene Erfolge aufzuweisen begannen. Als mechanisches Element der Bildfeldzerlegung auf der Senderseite und des Bildaufbaus auf der Empfängerseite wurde auf die von *Nipkow* angegebene Spirallochscheibe zurückgegriffen. Besonders *John Logie Baird* (1888 bis 1946) in England und *Mihaly* in Deutschland bedienten sich der *Nipkow*-Scheibe, während *August Karolus* (1893 bis 1972), langjähriger Leipziger Hochschullehrer (System Telefunken — Karolus), das Weillersche Spiegelrad benutzte (das Bildfeld wird hierbei durch einen Lichtstrahl abgetastet, der durch ein rotierendes, mit Spiegeln versehenes Rad verschoben wird). *Jenkins* in den USA versuchte, durchsichtige Bilder mittels einer rotierenden Linsenscheibe zu zerlegen, deren Rand mit 48 Löchern versehen war, in denen kleine optische Linsen steckten. Daneben wurden weitere mechanische Bildabtastsysteme etwickelt, von denen der Linsenkranzabtaster — eine Umkehrung des Spiegelradprinzips — höchste Präzision mit höchsten Schwierigkeiten des Betriebs und der Konstruktion vereinte. Zu dieser Zeit arbeitete *Nipkow* als Konstrukteur in der Signalbauanstalt Zimmermann und Buchloh in Berlin. Im Jahre 1928, auf der 5. Deutschen Funkausstellung, wurde das Fernsehen erstmals der deutschen Öffentlichkeit vorgestellt. Unter den Hunderttausenden, die sich neugierig und voller Erwartung um die Fernsehkabinen drängten, befand sich auch *Paul Nipkow* — 68jährig —, und hier sah er erstmals ein mittels seiner 40 Jahre früher erfundenen Lochscheibe übertragenes Fernsehbild. Er berichtete: „Die Fernseher befanden sich in dunklen Zellen und davor standen Hunderte und warteten geduldig auf den Augenblick, in dem sie zum ersten Male fernsehen sollten. Unter ihnen wartete ich auch und wurde immer nervöser. Was ich 45 Jahre erdacht hatte (! — d. Verf.), sollte ich nun erstmals wirklich sehen. Endlich war ich an der Reihe und ich trat ein — ein dunkles Tuch wird zur Seite geschoben, und nun sehe ich vor mir eine *flimmernde Lichtfläche*, auf der sich etwas bewegt. Es war nicht gut zu erkennen." [3; S. 22]

Inzwischen wurde — trotz aller Verbesserungen im Detail — die technische Unzulänglichkeit des mechanisch-optischen Fernsehens immer offensichtlicher, vor allem nachdem *Wladimir Kosma Zworykin* (geb. 1889) in den USA mit dem Ikonoskop — einer elektrischen Bildspeicherröhre — die elektronische Bildfeld-

Nipkow während eines Interviews auf dem Berliner Messegelände vor einer der ersten elektronischen Kameras (1936)

zerlegung einleitete und *Manfred v. Ardenne* (geb. 1907) auf der deutschen Funkausstellung des Jahres 1931 in Berlin das erste vollelektronische Fernsehsystem auf der Basis der von ihm vervollkommneten Hochvakuum-Kathodenstrahlröhre (*Braunsche* Röhre), die ein 25 × 28 cm großes Bild von ausgezeichneter Qualität lieferte, der Öffentlichkeit vorstellte.

Die deutschen Elektromonopole — voran die Telefunken und die Fernseh-AG — witterten ein großes Geschäft, zumal das Televisionssystem den Kinderschuhen entwachsen schien. Auch die inzwischen mit Hilfe der deutschen Monopolbourgeoisie inthronisierten Faschisten fanden, daß sich ein technisch perfektioniertes Fernsehen hervorragend in die Goebbelssche Propagandamaschinerie einspannen ließ. Dieser Manipulationseffekt ließ sich offenbar noch steigern, wenn es gelang, die tatsächliche Entwicklung des Fernsehens als eine internationale technische Errungenschaft in eine „arisch-deutsche" Erfindung umzudeuten. Es bedurfte dazu eigentlich nur noch des Mannes, der die historische Entwicklung des Propagandamediums Fernsehen zu arisieren und als „deutschstämmige Erfindung" auszugeben imstande war. Der Nazifunkpropagandist und „Reichssendeleiter" *Eugen Hadamovsky* fand diesen Mann in *Paul Nipkow* und baute die Legende vom „deutschen Fernseherfinder *Nipkow*" systematisch und mit Raffinement im Sinne der faschistischen Demagogie weiter aus.

Es begann damit, daß der greise *Nipkow* im Frühjahr 1935 von *Hadamovsky* zum Ehrenpräsidenten der „Fernseharbeitsgemeinschaft" bei der faschistischen „Reichsrundfunkkammer" gemacht wurde. Plötzlich „sah sich der bisher unbescholtene Rentner im Mittelpunkt einer bombastischen Nazi-Festsitzung in der Berliner Kroll-Oper. Es grüßten ihn Goebbels und der ‚Führer', ... die ganze Nazijournaille folgte gleichgeschaltet und feierte fortan Paul Nipkow als den ‚Erfinder des Fernsehens'". [5; S. 56] Schließlich wurde am 29. Mai 1935 der erste öffentliche deutsche Fernsehsender mit dem Namen „Paul-Nipkow-Sender" dekoriert.

Der greise *Nipkow* ging bereitwillig auf diese Wendung der Dinge ein, zumal sie ihm zu unverhofftem — allerdings zweifelhaftem — Ruhm verhalfen. Kenner der damaligen Situation des Fernsehens sprechen von „selbstgefälligen Illusionen, ...

Urteilslosigkeit und großsprecherischer Eigenliebe" sowie von einer „geradezu grotesken Unkenntnis der tatsächlichen apparativen Entwicklung der Fernsehkommunikation" [vgl. 5; S. 57], die *Nipkow* zu einem willfährigen Instrument des faschistischen Propagandarummels um eine „Arisierung" des Fernsehens werden ließen. Unter diesen Umständen ist es sehr wahrscheinlich, daß ihm die bereits zitierte Behauptung, er habe die „Generalidee des Fernsehens" entdeckt, von der Nazipropaganda suggeriert worden ist. Dies ermunterte ihn dann zu solch dubiosen Feststellungen wie: „Meine Lochscheibe beherrscht nach wie vor alle Sender und die große Masse der Empfänger. Auch die Spiegelschraube und die Braunsche Röhre arbeiten nach meiner Generalidee, und es ist gleichgültig, womit ein Bild in Punkte zerlegt wird. Hauptsache ist, daß das Fernsehverfahren die Bilder in Bildpunkte und Zeilen auflöst, wie ich es vorgeschlagen habe." [4; S. 49] Zum ersten Teil der zitierten Behauptung muß angemerkt werden, daß die 12. Deutsche Rundfunkausstellung 1935 20 verschiedene Fernsehempfängertypen vorstellte, von denen 18 mit elektrischen Bildröhren und lediglich zwei Geräte mit mechanischen Bildwandlern in Form der Spiegelschraube versehen waren. 1938 verschwand schließlich die letzte Lochscheibe aus den Sendeeinrichtungen des Fernsehfunks.

Am 24. August 1940 verstarb *Nipkow* in Berlin, 80jährig, einsam, verarmt, unbemerkt von denjenigen, vor deren Karren er sich hatte spannen lassen. Zweifelsohne gebührt ihm ein Platz in der langen Reihe der Fernsehpioniere, die die apparative Entwicklung des Fernsehens zu einer internationalen Angelegenheit hatten werden lassen. Ganz sicher ist er nicht *der* Erfinder der „Generalidee des Fernsehens" gewesen, zu den ihn die faschistische Propaganda hochstilisiert hatte, als der er sich — verblendet und kritiklos — schließlich selbst gesehen hat und als den ihn — wider besseres Wissen — die bürgerliche Technikgeschichtsschreibung in der BRD auch gegenwärtig noch feiert.

Lebensdaten zu Paul Nipkow

1860	Am 22. August in Lauenburg (Lébork) in Pommern geboren
1885	Deutsches Reichspatent über ein „Elektrisches Teleskop"
1928	*Nipkow* sieht auf der Funkausstellung in Berlin erstmals Fernsehen
1935	Der erste deutsche Fernsehsender wird nach *Nipkow* benannt
1940	Am 24. August in Berlin verstorben

Literaturverzeichnis zu Paul Nipkow

[1] Patentschrift des Kaiserlichen Patentamtes Nr. 30 105 von Paul Nipkow, Berlin, betr. elektrisches Teleskop.

[2] *Bruch, W.*: Die Fernsehstory. Stuttgart 1969.

[3] *Bruch, W.*: Kleine Geschichte des deutschen Fernsehens. Berlin-West 1967.

[4] *Eckert, G.*: Das Fernsehbuch. Berlin-West, Darmstadt, Wien 1963.

[5] *Hempel, W.*: Fernsehen unterm Hakenkreuz. Teil I: Das Fernsehkapital und sein Bruder Reichspost. In: Mitteilungen des Postmuseums der DDR, Berlin 1970, Band 3/4, S. 33 ff.

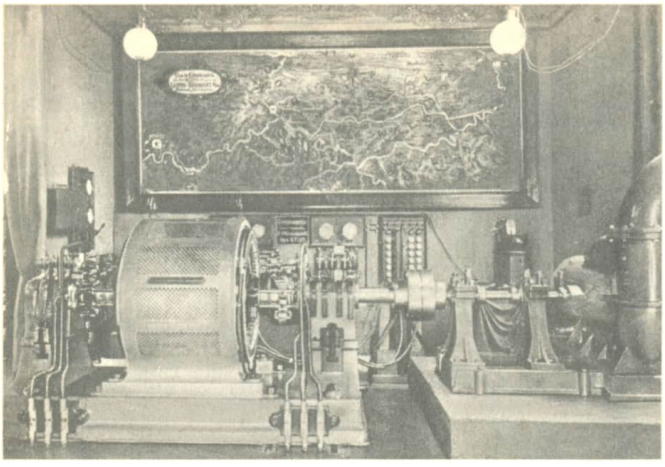
[6] A History of Technology. Vol. VII, Part II. Oxford 1978.

Michail Ossipowitsch Dolivo-Dobrowolsky (1862 bis 1919)

Das ausgehende 19. Jh. ist in der Entwicklung der Elektrotechnik durch den Übergang von der Schwach- zur Starkstromtechnik gekennzeichnet. Nach Erfindung der Dynamomaschine durch *Werner von Siemens* (1816 bis 1892) boten sich zwar in der Bogen- und Glühlampe erste größere Anwendungsgebiete für den nun kontinuierlich fließenden elektrischen Strom, doch war mit den damals vorhandenen technischen Gegebenheiten — Gleichstrom und Spannungen von maximal 100 V — noch keineswegs der Weg zur modernen Starkstromtechnik mit ihrer großräumigen Elektrizitätsversorgung vorgeprägt, da auf dieser Grundlage eine einigermaßen verlustarme, d. h. wirtschaftliche Stromverteilung nur über wenige 100 m Entfernung zu gewährleisten war und so viele stromerzeugende Zentralen, die sog. Blockstationen, notwendig waren. Der öffentlichen Elektrizitätsversorgung wurden damit enge Grenzen gesetzt, die den Fortschritt dieses Gebietes in dem Maße hemmten, als die Entwicklung immer leistungsstärkerer elektromagnetischer Generatoren eine Konzentration der Elektroenergieerzeugung in großen Kraftwerken möglich machte. Für den weiteren Ausbau der Starkstromtechnik war deshalb Ende des 19. Jh. eine grundsätzliche Lösung des Problems der Fernübertragung von Elektroenergie dringend geboten, so daß sich nicht zufällig in jenen Jahren außerordentlich viele Erfinder und Techniker den damit zusammenhängenden Problemen zuwenden. Unter ihnen nimmt der russische Elektroingenieur *Michail Ossipowitsch Dolivo-Dobrowolsky* insofern eine bedeutende Rolle ein, als er neben der Realisierung der ersten Hochspannungsfernübertragung im Jahre 1891 auch an der Ausgestaltung der Dreiphasenwechselstromtechnik maßgeblich beteiligt war und damit jene Entwicklungsrichtungen begründen half, die sich in der elektrotechnischen Praxis der folgenden Jahre auch bewährten und Grundlage der modernen Elektrotechnik wurden.

Michail Ossipowitsch Dolivo-Dobrowolsky wurde am 2. Januar 1862 (am 21. Dezember 1861 alten Kalenders) in Petersburg als Sohn eines Beamten geboren. Seine Schulzeit verlebte er in Odessa, wohin sein Vater im Jahre 1873 versetzt worden war. Nach Absolvierung einer Realschule ging der 16jährige nach Riga, um am dortigen Polytechnikum zu studieren. Die ausgehenden 70er Jahre des 19. Jh. sind in Rußland durch eine außerordentliche Verschärfung des Klassenkampfes gekennzeichnet. Als nach der Ermordung von Zar *Alexander II.* (1855 bis 1881) eine Welle von Repression und Unterdrückung ganz Rußland überzog und viele fortschrittlich denkende Studenten von ihren Ausbildungsstätten relegiert wurden, wurde auch *M. O. Dolivo-Dobrowolsky* mit Wirkung vom 22. Juni 1881 vom Rigaer Polytechnikum verwiesen.

Da eine solche Relegierung einem Ausschluß von sämtlichen Hochschulen Rußlands gleichkam, suchte *Dolivo-Dobrowolsky* wie viele seiner Kommilitonen sein Studium im Ausland fortzusetzen. Er ging nach Darmstadt, dessen Technische Hochschule damals zu den führenden Einrichtungen dieser Art in Deutschland gehörte. Für den weiteren Lebensweg *Dolivo-Dobrowolskys* sollte entscheidend werden, daß die TH Darmstadt ein Zentrum elektrotechnischer Ausbildung war, wo *Erasmus Kittler* (1852 bis 1929), einer der führenden Elektrotechniker dieser Zeit, wirkte. Zudem war hier 1882/83, also zuzeiten *Dolivo-Dobrowolskys*, eines der



Fernübertragung
Lauffen – Frankfurt/M.
(1891)

ersten elektrotechnischen Laboratorien eingerichtet worden. Deshalb wendet sich *Dolivo* nicht zufällig in Darmstadt der Elektrotechnik zu, die man damals noch als ein Teilgebiet des Maschinenbaus behandelte. Seine überragende Intelligenz und eine außerordentliche Arbeitsfähigkeit erregten sehr schnell die Aufmerksamkeit seiner Lehrer und ließen ihn nicht nur einen der ersten Assistenten *Kittlers* im elektrotechnischen Laboratorium werden, sondern machten ihn schon während seiner Studienzeit durch kleinere Erfindungen und einige wissenschaftliche Publikationen in der Fachwelt bekannt. Nach Abschluß des Studiums blieb *Dolivo-Dobrowolsky* zunächst noch für drei Jahre als Assistent in Darmstadt, bis er im Jahre 1887 das Angebot *Emil Rathenaus* (1838 bis 1915), des Gründers der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft (AEG), annahm und als Chefingenieur der Firma nach Berlin ging.

M. Dolivo-Dobrowolsky ist dem AEG-Konzern die folgenden vier Jahrzehnte bis an sein Lebensende verbunden geblieben und hat den Aufstieg der AEG zu einem elektrotechnischen Weltunternehmen auf wissenschaftlichem Gebiet maßgeblich mitgetragen. Zunächst beschäftigte sich der junge Chefingenieur mit Fragen der weiteren Vervollkommnung der Gleichstromtechnik, die damals nicht zuletzt durch den Einfluß von *Thomas Alva Edison* (1847 bis 1931) — die AEG ist aus einer Edison-Tochtergesellschaft hervorgegangen [2] — als die „Hohe Schule" der AEG-Ingenieure galt. Gleichstrom gestattete schon damals eine recht vielseitige Anwendung des elektrischen Stromes: außer den verschiedenen Beleuchtungsarten verfügte man auch schon über technisch gut durchkonstruierte Elektromotoren, die in steigendem Maße den Bedarf von Industrie und Handwerk an mechanischer Arbeitsleistung zu decken vermochten. Darüber hinaus begann man z. B. die Speicherung des Stromes, die Elektrochemie oder die elektrische Wärmeerzeugung langsam großtechnisch zu erschließen. Was den damaligen Elektrotechnikern jedoch gewaltige Sorgen bereitete, war die Tatsache, daß es nicht gelingen wollte, den Gleichstrom kostengünstig auf große Entfernungen zu übertragen bzw. auf ausgedehnte Gebiete zu verteilen. Zwar versuchte man in den angelsächsischen Ländern dem Problem mit einem Dreileiter-Gleichstromsystem und in Deutschland

(bei der Firma *Siemens*) mit einem Fünfleiternetz beizukommen, doch war der Erfolg dieser Bemühungen nicht gerade überwältigend.

Früher und deutlicher als viele seiner Fachkollegen erkannte *M. O. Dolivo-Dobrowolsky* die grundsätzlichen Mängel jener Übertragungssysteme. Daher verließ er die „ausgetretenen Pfade" und wendete sich kurz nach seinem Eintritt in die Firma der Wechselstromtechnik zu. Der Wechselstrom hatte erstmals im Jahre 1885 in technischen Kreisen Aufmerksamkeit erregt, als es den jungen ungarischen Ingenieuren *Karoly Zipernowsky* (1853 bis 1942), *Miksa Dèri* (1864 bis 1938) und *Otto Titus* Bláthy (1860 bis 1939) bei der Budapester Firma *Ganz & Co.* gelang, einen Transformator im heute noch üblichen Sinne zu entwickeln und für die Technik anwendbar zu machen. Allerdings blieb zunächst der „große" Erfolg aus, da es mit der Erfindung des Transformators allein noch nicht getan war. Es fehlten eben auch die für ein solches Stromsystem notwendigen Primär- und Sekundärmaschinen wie Wechselstromgeneratoren, Lampen, Stromzähler und vor allem brauchbare Wechselstrommotoren, die in Leistung und Zuverlässigkeit ihren Gleichstromkonkurrenten ebenbürtig waren. Zudem bevorzugten die damals führenden Elektrounternehmen der Welt sämtlichst den Gleichstrom und hatten hier schon bedeutende Investitionen vorgenommen. Schließlich war die damalige Wechselstromtheorie kaum entwickelt, was ein Verständnis der ohnehin sehr viel verwickelteren Wechselstromphänomene sowie ihre praktische Ausnutzung zusätzlich erschwerte.

Dies war die Situation, als *M. Dolivo-Dobrowolsky* durch eine Arbeit des Italieners *Galileo Ferraris* (1847 bis 1897) auf den Wechselstrom aufmerksam wurde. *Ferraris* hatte darin von Experimenten mit zwei getrennten Wechselströmen berichtet, die zwar gleiche Stärke und gleiche Frequenz besaßen, sich aber in ihrer Phase um 90° unterschieden und in passend angeordneten Magnetfeldern durch Einwirkung auf einen drehbaren Kupferzylinder zu Arbeitsleistungen herangezogen werden konnten. Der praktischen Bedeutung seiner Entdeckung war sich *Ferraris* in keiner Weise bewußt, er meinte sogar, eine industrielle Nutzung scheide allein schon deshalb aus, weil ein nach diesem Prinzip gebauter Elektromotor einen Wirkungsgrad von höchstens 50 % haben würde. Weiterentwickelt und in die Praxis umgesetzt wurde *Ferraris'* Idee von dem damals in den USA arbeitenden kroatischen Physiker und Elektrotechniker *Nikola Tesla* (1856 bis 1943), der unabhängig von *Ferraris* ebenfalls auf das Drehfeldprinzip gestoßen war und 1887 einen Zweiphasen-Wechselstrommotor konstruierte. Doch auch der zweiphasige Wechselstrom fand in den folgenden Jahren keine weite Verbreitung, da ebenfalls Ende der 80er Jahre *Dolivo-Dobrowolsky* eine noch rationellere Lösung des Problems im Dreiphasenwechselstrom, dem sog. Drehstrom, fand und in den folgenden Jahren das Drehstromsystem technisch so durchbildete, daß es sich in der Praxis schnell durchsetzte.

Dolivo-Dobrowolsky baute zunächst auf der Grundlage seiner in Experimenten und theoretischen Überlegungen gewonnenen Erkenntnisse einen Drehstrommotor, der unter dem Namen „Asynchronmotor" in die elektrotechnische Literatur Eingang gefunden hat und der das leidige Problem eines brauchbaren Wechselstrommotors endgültig löste. Wie reif die Zeit für diese Entwicklung war, verdeutlicht die Tatsache, daß in der Folgezeit mehrere Forscher darum gestritten haben, als Erfinder des Mehrphasensystems und speziell des Drehstrommotors zu gelten. Da die

Erfindung des Drehstromes nicht die eines einzelnen Gegenstandes, sondern eines ganzen elektrischen Systems war, ist es nicht verwunderlich, daß sich die Einzelerfindungen bei den verschiedenen damit befaßten Elektrotechnikern zeitlich stark überlappen, so daß in diesem Zusammenhang neben *Dolivo-Dobrowolsky* auch Forscher wie *N. Tesla*, der deutsche Ingenieur *Friedrich August Haselwander* (1859 bis 1932) oder der Amerikaner *Charles Bradley* zu nennen sind. Das unumstößliche Verdienst *Dolivo-Dobrowolskys* war es jedoch, das neue System mit der besten physikalischen Einführung erfaßt und in seiner für die Praxis überragenden Bedeutung voll erkannt und auch durchgesetzt zu haben.

Nach erfolgreichen Versuchen mit seinem ersten Drehstrommotor zu Beginn des Jahres 1889 steigerte *Dolivo-Dobrowolsky* dessen Leistungsfähigkeit sehr schnell. Schon im folgenden Jahr konnte er Motoren von 2 ... 3 PS vorführen, wobei seine dabei entwickelten Konstruktionsprinzipien (möglichst verteilte Wicklung, bei möglichster Vermeidung der Streuung von Kraftlinien sowie möglichste Gleichförmigkeit des Drehfeldes) den Drehstrommotor so durchbildeten, daß in den folgenden Jahren nicht mehr viel zu verbessern blieb. Nachdem etwa zur gleichen Zeit das Problem der zugehörigen Primärmaschinen zur Erzeugung solch mehrphasiger Ströme sowie zu deren Transformation durch entsprechende Entwicklungen von *Dolivo-Dobrowolsky* bzw. der AEG und der mit ihr auf diesem Gebiet zusammenarbeitenden Schweizer Elektrofirma Oerlikon ebenfalls als gelöst betrachtet werden konnte, standen zu Beginn des letzten Jahrzehnts des 19. Jh. alle wesentlichen Elemente zur Verfügung, deren sich auch heute noch die Elektrizitätsversorgung bedient. Allerdings waren diese bislang lediglich in Laborversuchen getestet gewesen, so daß es für die Verantwortlichen der AEG und selbstverständlich auch für deren Chefingenieur *Dolivo-Dobrowolsky* ein ungemein verlockendes Angebot gewesen sein mag, als an diese der deutsche Ingenieur *Oskar von Miller* (1855 bis 1935) mit dem Vorschlag herantrat, auf der für das Jahr 1891 in Frankfurt (Main) geplanten Elektrizitätsausstellung eine größere Kraftübertragung auf der Basis des neuen Systems vorzustellen.

Oskar von Miller gehört ebenfalls zu den Pionieren der Elektrotechnik in Deutschland. Von der Vorstellung beseelt, die reichen Wasserkräfte seiner bayerischen Heimat für die Elektrizitätserzeugung zu nutzen, hatte er sich an der Schwelle der 80er Jahre der Elektrotechnik zugewandt. Angeregt durch entsprechende Ausstellungen im Ausland organisierte er im Jahre 1882 in München die erste elektrotechnische Ausstellung auf deutschem Boden und machte seine Landsleute nicht nur mit solchen „Wunderdingen" wie Glühlampe und Telefon bekannt, sondern organisierte auch eine Fernübertragung elektrischer Energie auf der Basis hochgespannten Gleichstroms (2000 V) über 57 km zwischen Miesbach und dem Münchener Ausstellungsgelände. Das Experiment machte den Namen *O. v. Millers* zwar weltweit bekannt, zeitigte jedoch keine praktischen Auswirkungen. Der Blick für das Problem war nun aber geschärft.

Als man dann *Miller* ein Jahrzehnt später, nachdem er sich als Privatmann sowie als technischer Direktor der AEG weitere Verdienste um die Elektrobranche gemacht hatte, für die technische Leitung der großen Frankfurter Elektrizitätsausstellung gewann, war die Gelegenheit gekommen, den ursprünglichen Plan wieder aufzunehmen.

Sollten die vorangegangenen Elektrizitätsausstellungen dem Besucher insbesondere die Vorzüge der elektrischen Beleuchtung aufzeigen, so wollte man mit der Frankfurter Ausstellung die elektrische Kraftübertragung und -verteilung eindrucksvoll demonstrieren. *Miller* war sich bewußt, daß die neue Kraftübertragung hinsichtlich Leistung und Entfernung eine Sensation werden mußte, denn nur so ließ sich die Skepsis an solchen Unternehmungen endgültig beseitigen. Der Plan *Millers* sah deshalb folgendes vor: In dem kleinen Neckarstädtchen Lauffen sollte ein 300-PS-Drehstromgenerator, angetrieben von einer Wasserturbine des dortigen Zementwerkes, aufgestellt werden und Wasserkraft in elektrische Energie von etwa 50 V und 40 Hz umwandeln. Mittels entsprechender Hochspannungstransformatoren wollte man diese dann auf etwa 15000 V (später sogar auf 25000 V) transformieren und über eine Freileitung von 175 km Länge zum Frankfurter Ausstellungsgelände führen, wo wiederum Transformatoren für die Betriebsspannungen eines Wasserfallmotors von etwa 100 PS, mehrerer Kleinmotoren sowie für rund 1000 Glühlampen zu sorgen hatten.

Das Wagnis ist heute kaum mehr vorstellbar. Nicht nur, daß man bis dahin an derartige Spannungen, Leistungen und Entfernungen kaum zu denken gewagt hatte, auch existierten zum Zeitpunkt der Auftragsannahme über die technische Ausführung solch großer Stromerzeuger, Transformatoren, Isolatoren und vor allem der Motoren (*Dolivo-Dobrowolsky* hatte ja gerade erst seinen 2-PS-Motor zum Laufen gebracht) noch ziemlich unklare Vorstellungen. *Millers* Projekt überstieg so das bislang auf diesem Gebiet Erreichte um vielfache Größenordnungen und stellte an die Ingenieure der beteiligten Firmen hohe Anforderungen, da die entsprechenden Anlagen zudem noch in Jahresfrist fertiggestellt werden mußten.

Als dann am Abend des 24. August 1891 die ganze Anlage sofort funktionierte und *Michail Dolivo-Dobrowolsky* als leitender Ingenieur, der zudem die Hauptelemente, Motor und Transformator, entwickelt hatte, von der Schaltwarte melden konnte, daß der Strom in Frankfurt ist, war die Sensation perfekt. Der Erfolg der Kraftübertragung erfüllte die kühnsten Hoffnungen, denn Versuche einer Prüfungskommission zeigten, daß über 75 % der in Lauffen erzeugten Elektroenergie nach Frankfurt gelangten. [6; S. 36ff.] Neben der Tatsache, daß auf größere Entfernungen allein Wechselstrom einigermaßen rentabel übertragen werden konnte, war auch deutlich geworden, daß Wechselstromlampen den Gleichstromlampen gleichwertig und die Wechselstrommotoren ebenfalls allen Anforderungen gewachsen sind. Die Anhänger des Gleichstroms hatten damit eine empfindliche und entscheidende Niederlage erfahren. Selbst wenn ein *W. v. Siemens* und ein *T. A. Edison* zunächst am Gleichstrom festhielten und sich der Wechselstrom im Vergleich zum triumphalen Erfolg der Frankfurter Ausstellung doch relativ langsam durchsetzte, war die Geburtsstunde der großräumigen öffentlichen Elektrizitätsversorgung modernen Stils vollzogen.

M. O. Dolivo-Dobrowolsky hat auch in den folgenden Jahren an den Fortschritten dieses Gebietes lebhaften Anteil genommen, wobei zu den eigentlichen ingenieurtechnischen und physikalischen Arbeiten in verstärktem Maße auch Publikationen und Vorträge traten, die der Popularisierung und Erläuterung des neuen Systems unter den Elektrotechnikern dienten und zu dessen Durchsetzung wesentlich beitrugen. Mit seinem wissenschaftlichen Lebenswerk hat *Dolivo-Dobrowolsky*

nicht nur einen bedeutsamen Meilenstein in der Entwicklung der Produktivkräfte gesetzt, sondern zugleich auch zum Fortschritt der menschlichen Gesellschaft insgesamt beigetragen. Schon 1883 hatte *Friedrich Engels* (1820 bis 1895) in einem Brief an *Eduard Bernstein* (1850 bis 1932) über damalige Versuche auf diesem Gebiet berichtet und festgestellt: „In der Tat aber ist die Sache enorm revolutionär ... befreit die Industrie definitiv von fast allen Lokalschranken, macht die Verwendung auch der abgelegensten Wasserkräfte möglich, und wenn sie auch im Anfang den *Städten* zugute kommen wird, muß sie schließlich der mächtigste Hebel werden zur Aufhebung des Gegensatzes von Stadt und Land. Daß aber damit auch die Produktivkräfte eine Ausdehnung bekommen, bei der sie der Leitung der Bourgeoisie mit gesteigerter Geschwindigkeit entwachsen, liegt auf der Hand." [7; S. 444f.]

Als am 15. November 1919 *M. Dolivo-Dobrowolsky* infolge eines schweren Herzleidens aus dem Leben schied, verloren die technischen Wissenschaften einen der Großen dieses Fachs, dessen Lebenswerk weit in die Zukunft wies und das nicht zuletzt in jenem Lande, das er als junger Mann hatte verlassen müssen, mit der Leninschen Losung „*Kommunismus — das ist Sowjetmacht plus Elektrifizierung des ganzen Landes*" [8; S. 513] eine würdige Fortsetzung erhalten hat.

Lebensdaten zu Michail Ossipowitsch Dolivo-Dobrowolsky

1862	Am 2. Januar in Petersburg geboren
1878	Beginn des Studiums am Rigaer Polytechnikum
1881	Relegierung von der Hochschule wegen politischer Betätigung
1882 bis 1884	Studium an der TH Darmstadt
1884 bis 1887	Assistent im elektrotechnischen Laboratorium der TH Darmstadt
1887	Aufnahme der Tätigkeit als leitender Ingenieur der AEG
1888	Beginn der Arbeiten zum Drehstromprinzip
1889	Erfindung des Asynchronmotors
1891	Fernübertragung Lauffen — Frankfurt
1892	Entwicklung eines Phasenmessers
1909	Erfindung des ferrodynamischen Wattmeters
1918	*Dolivo-Dobrowolsky* weist auf technische Grenzen von Wechselstromübertragungen hin und beginnt mit Versuchen zur Übertragung von Gleichströmen höchster Spannung
1919	*Michail Dolivo-Dobrowolsky* stirbt am 15. November in Heidelberg

Literaturverzeichnis zu Michail Ossipowitsch Dolivo-Dobrowolsky

[1] *Dolivo-Dobrowolsky, M.:* Aus der Geschichte des Drehstroms. In: Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 18 (1917) 26, S. 341—344; 27, S. 354—357; 28, S. 366—369; 29, S. 376—377; 41, S. 499—500.

[2] *Koebel-Tusk, E.:* AEG. Energie — Profit — Verbrechen. Berlin 1958.

[3] *Matschoß, C.:* Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. Berlin 1937, S. 313—325.

[4] *Veselovski, O. N.:* Michail Dolivo-Dobrovolskij. Moskva 1963.

[5] *M. Dolivo-Dobrowolsky.* In: Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 41 (1920) 1, S. 12.
[6] Die Kraftübertragung. Lauffen — Frankfurt 1891. Heilbronn o. J.
[7] *Engels, F.:* An E. Bernstein 27. 2.—1. 3. 1883. In: MEW, Bd. 35, Berlin 1967.
[8] *Lenin, W. I.:* VIII. Gesamtrussischer Sowjetkongreß 22.—29. Dezember 1920. In: Werke, Bd. 31, Berlin 1966.

Heinrich Barkhausen (1881 bis 1956)

„Wenn von Elektrotechnik die Rede ist, so denkt der Laie meist an irgendwelche imposante Kraftleistungen: sausende Maschinen, eilende Bahnen, Krane, die ohne jede sichtbare Anstrengung fabelhafte Lasten heben, Wasserfälle, die ihrer Energie beraubt werden, um Licht zu schaffen. Gegen solche Respekt und Bewunderung einflößende Leistungen der Starkstromtechnik erscheint ihm die Schwachstromtechnik, wobei er an Hausklingelanlagen und allerlei Kinderspielzeug denkt, leicht als etwas Kleinliches ohne größere wirtschaftliche Bedeutung." [1; S. 513] Das schrieb *Heinrich Barkhausen* im Jahre 1911, schon Direktor des Instituts für Schwachstromtechnik der Technischen Hochschule Dresden. An anderer Stelle äußerte er in Fortsetzung des Gedankens: „Die Ursache für die Vernachlässigung der Schwachstromtechnik liegt wohl zum Teil in der historischen Entwicklung begründet. Etwa in den achtziger Jahren (des 19. Jh. — d. Verf.) lagen die Verhältnisse ähnlich, nur gerade umgekehrt. Bis dahin bestand die ganze Elektrotechnik fast nur aus Schwachstromtechnik ... Dann aber setzte der Siegeszug der Starkstromtechnik ein, während die Entwicklung der Schwachstromtechnik eine Zeitlang fast still stand. Dadurch ist jetzt gerade das Gegenteil des früheren Zustandes eingetreten." [2; S. 81]

Während die Starkstromtechnik vor allem eine Energieübertragung zum Ziel hat, steht bei der klassischen Schwachstromtechnik die Nachrichtenübermittlung im Vordergrund. Dieser Schwachstromtechnik hatte sich *Barkhausen* verschrieben. Sie wurde zum Hauptinhalt seines Lebens.

Georg Heinrich Barkhausen wurde am 2. Dezember 1881 in Bremen geboren. 1901 legte er am dortigen Gymnasium die Reifeprüfung ab. Nach einer halbjährigen Praktikantenzeit an der Eisenbahnreparaturwerkstätte Bremen studierte Barkhausen Physik: ab Herbst 1901 zunächst zwei Semester an der TH in München, dann an den Universitäten Berlin (1902), München (1903) und von 1903 bis 1906 an der Universität Göttingen. Hier wurde er 1906 Assistent am Institut für angewandte Elektrizität bei *Hermann Theodor Simon* (1870 bis 1918). Bei ihm promovierte *Barkhausen* noch 1906. Seine Arbeit erschien 1907 als Buch [3] und erregte sogleich in der Fachwelt Aufsehen. *Eugen Nesper* (1879 bis 1961), ein Pionier auf dem Gebiet der Funktechnik, würdigte später *Barkhausens* Buch mit den Worten: „Diejenigen, welche die Entwicklung der drahtlosen Technik vor 1907 mitgemacht haben, werden sich noch heute deutlich des Tohuwabohus der Anschauungen erinnern, welches zu jener Zeit auf dem Schwingungsgebiet herrschte. Da war es 1907 die Promotionsschrift von *H. Barkhausen*, welche in beinahe restlos klarer und höchst anschaulicher Form den gesamten Fragenkomplex klärte. Die zum erstenmal gegebene Einteilung der elektrischen Schwingungen in solche erster, zweiter und

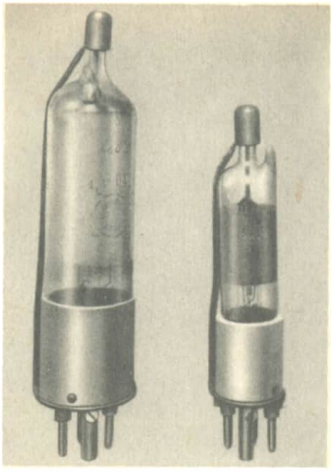
Heinrich Barkhausen

dritter Art gab eine vollkommen befriedigende Anschauung und Erklärung aller damals strittigen Vorgänge. Der wesentliche Inhalt dieser Schrift ist in den festen Besitz der drahtlosen Spezialwissenschaft übergegangen und hat auch die Grundlage für alles folgende gegeben." [4; S. 78]

Mit dieser Arbeit legte *Barkhausen* den Grundstein für seinen weiteren beruflichen Erfolg. Er wurde nach Erscheinen des Buches „auf der Stelle telegrafisch zur Industrie, zum Hause Siemens engagiert, ... eine für jene Zeit gewiß außerordentliche Maßnahme". [5; S. 90] So ging *Barkhausen* 1907 für vier Jahre als Ingenieur nach Berlin. Neben der täglichen Arbeit im Laboratorium habilitierte er sich 1910 an der TH Berlin und wurde dort als Privatdozent für Theoretische Elektrotechnik zugelassen.

Seit der Jahrhundertwende gewann ein neuer Zweig der Schwachstromtechnik immer mehr an Bedeutung: die drahtlose Telegrafie oder, wie wir heute sagen würden, die Funktechnik. Gerade für sie waren Spezialkenntnisse nötig, die der als Starkstromtechniker ausgebildete Ingenieur nicht besaß.

Dieser Mangel in der Ausbildung von Elektrotechnikern wurde nur zögernd anerkannt. 1911 entschloß sich die TH Dresden als erste deutsche Hochschule, ein selbständiges Institut für Schwachstromtechnik zu gründen. *Barkhausen* wurde als Professor nach Dresden berufen und bekam die Leitung des neugeschaffenen Instituts übertragen. Noch im Sommersemester 1911 begann er mit Vorlesungen über drahtgebundene und drahtlose Telegrafie und Telefonie. Im Wintersemester kam eine Vorlesung in elektrischer Meßkunde und ein Praktikum für Schwachstromtechnik hinzu. Getreu seiner wissenschaftlichen Arbeitsweise löste sich *Barkhausen* von der herkömmlichen Form der Wissensvermittlung, die sich im wesentlichen an Konstruktion und Ausführung von in der Praxis verwendeten Geräten und Anlagen orientierte. *Barkhausen* war während seiner Ingenieurtätigkeit zu der Überzeugung gelangt, daß es wichtiger ist, die theoretischen Grundlagen und die funktionalen Zusammenhänge zu lehren als die Bedeutung des Hebels X und der Schraube Y am Gerät der Firma Z. So nahm er schon im Sommersemester 1912 die „Theorie der Leitungen" und im Wintersemester „Wissenschaftliche Grundlagen der Tele-

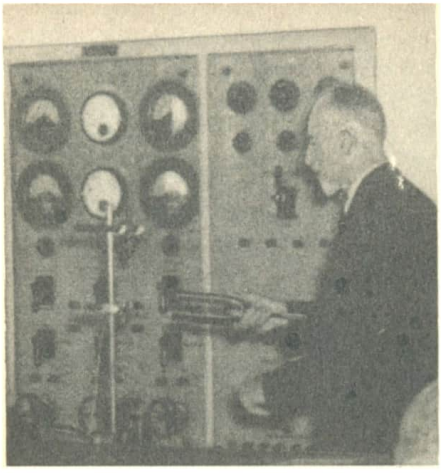


Frühe Elektronenröhren, mit denen die Barkhausen-Kurz-Schwingungen entdeckt wurden

fonie und Telegrafie" in das Vorlesungsprogramm auf. Doch auch in den theoretischen Vorlesungen legte *Barkhausen* stets großen Wert auf eine möglichst klare Veranschaulichung und eine Deutung des physikalischen Sinnes der gefundenen Gesetzmäßigkeiten.

Außer der Ausarbeitung neuer Vorlesungen und der Lehrtätigkeit wurde *Barkhausen* durch die Aufbau- und Leitungstätigkeit des Schwachstrominstituts stark beansprucht. Er war zunächst 1911 ganz allein, ohne Schreibkraft, und wurde erst später von einem halbtags beschäftigten Assistenten unterstützt. Seiner erfolgreichen Hochschultätigkeit wurde jedoch schon bald ein jähes Ende gesetzt: 1914 begann der 1. Weltkrieg. *Barkhausen* wurde „beurlaubt" und ging 1915 als „Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter" ans Laboratorium der Inspektion des Torpedo- und Minenwesens nach Kiel.

Während des Krieges wurde, größtenteils im geheimen, ein neues Bauelement zur Anwendungsreife gebracht: die Elektronenröhre. Sie verdankte ihre Entstehung den Bemühungen der Techniker um die Entwicklung eines „Telefonrelais". Es stellte sich nämlich in der Telefonie bald heraus, daß man über große Leitungslängen nicht mehr telefonieren konnte, da es an einem geeigneten Verstärker mangelte. In der Telegrafie benutzte man an dieser Stelle schon seit Jahrzehnten das elektromechanische „Relais", das jedoch nur das Ein- und Ausschalten eines Stromkreises bewirken kann und daher für die Verstärkung der schwachen Telefonströme nicht geeignet ist. 1906 meldete *Robert von Lieben* (1878 bis 1913) das erste Patent auf eine noch unvollkommene Elektronenröhre an, die bis 1913 soweit entwickelt wurde, daß damit erste Telefonverstärker ausgerüstet werden konnten. Bald zeigte es sich, daß die Elektronenröhre sehr vielseitig einsetzbar war, insbesondere in Sendern und Empfängern der drahtlosen Telegrafie und Telefonie, also der Hochfrequenztechnik. *Barkhausen* wurde 1917 in Kiel damit beauftragt, Elektronenröhren auf ihre Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten hin zu untersuchen. Er hatte schon früh mit klarem Blick die „außerordentliche Wichtigkeit dieses neuen Gebietes" erkannt. Durch das ihm eigene systematische Herangehen an die Probleme und sein experimentelles Geschick gelang es ihm, weitgehend Licht in das



Barkhausen demonstriert den „Barkhausen-Effekt"

bislang noch oft rätselhafte Verhalten der ersten Elektronenröhren zu bringen. Wenig später konnte er begeistert feststellen: „Eine gewaltige Entwicklung technischer wie wirtschaftlicher Art hat auf dem Gebiet der Nachrichtenübermittlung eingesetzt. Das lang umworbene Problem, das Telefonrelais, die formgetreue Verstärkung schwacher Wechselströme, ist gelöst, durch die Elektronenröhre in einer Weise gelöst, die selbst die kühnsten Hoffnungen erfüllt hat." [6; S. 1]

Bei seinen Arbeiten gelangen ihm 1917 Entdeckungen, die heute seinen Namen tragen. Einmal ist dies der „Barkhausen-Effekt", dessen Kernpunkt eine praktische Bestätigung der Hypothese vom Ferromagnetismus war. Sodann entdeckte und erforschte er zusammen mit *K. Kurz* die „Barkhausen-Kurz-Schwingungen", „die kürzesten mit Vakuumröhren herstellbaren Wellen", wie er sie nannte. Es war dies die erste Möglichkeit, mit Hilfe eines Elektronen-Laufzeit-Effektes Höchstfrequenzen zu erzeugen.

Ende 1918 kehrte *Barkhausen* wieder in seine frühere Stellung an die TH Dresden zurück. Seine Arbeitsergebnisse erschienen 1923 in Buchform unter dem Titel „Elektronen-Röhren". [6] 1924 wurde eine erneute und verbesserte Auflage erforderlich, 1925 kam der zweite Teil „Röhrensender", 1929 der dritte Teil „Empfänger" heraus. Innerhalb kurzer Zeit wurde der „Barkhausen" zu einem Standardwerk der Hochfrequenz-, namentlich der Radiotechnik. Allein schon durch die immer wieder erforderlichen Erweiterungen und Neuauflagen dieser Bücher — 1955 konnte er die 7. Auflage des inzwischen vierbändigen Werkes noch selbst bearbeiten — wurde der Name *Barkhausen* für Generationen von Schwachstromtechnikern zu einem Begriff.

Ab 1920 beschäftigte sich *Barkhausen* auch mit Fragen der Elektroakustik. Dabei stieß er auf den unbefriedigenden Zustand, „daß wir für die Lautstärke irgendwelcher Schallquellen noch gar kein zahlenmäßiges Maß haben. Wir müssen uns zur Kennzeichnung mit allgemeinen Redensarten wie ‚laut' oder ‚leise' begnügen." [7; S. 599] Er entwickelte 1925 eine Methode zur subjektiven Lautstärkemessung und führte als logarithmisches Lautstärkemaß das „Phon" ein.

Doch diese wissenschaftlichen Ergebnisse bildeten nur einen Teil seines Wirkens.

Nach wie vor gehörte seine ganze Kraft dem Lehrbetrieb. Durch den Krieg war in der Jugend ein Nachholebedarf entstanden, und sie drängte zum Studium. Das Institut war Mitte der 20er Jahre dem Ansturm kaum noch gewachsen. Aber auch jetzt war an einen Neubau eines eigenen Institutsgebäudes, dessen Pläne schon seit 1914 vorlagen, nicht zu denken. Der Rundfunk hatte Millionen von Hörern erfaßt, die Serienfertigung von Radiogeräten und die Massenproduktion von Elektronenröhren, die ihrerseits neue Einsatzgebiete zu industrieller Blüte brachten, bedingten einen hohen Bedarf an qualifizierten Fachkräften. Die bei Barkhausen ausgebildeten Schwachstromingenieure „waren von allen Seiten so begehrt, daß ihnen fast ausnahmslos selbst in den letzten schwierigen Jahren schon gute Stellungen angeboten wurden, ehe sie ihr Studium beendet hatten". [8]

Durch seine Arbeiten über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt und geachtet, von seinen Schülern verehrt, begann für *Barkhausen* eine Zeit der Ehrungen. Große Reisen führten ihn 1929 in die USA, 1930 in die Sowjetunion, 1938 nach Japan, wo er als Lehrer auch vieler japanischer Studenten überschwenglich als „Vater der japanischen Schwachstromtechnik" geehrt wurde, 1942 nach Rumänien. Er wurde Mitglied einer großen Zahl in- und ausländischer elektrotechnischer Vereinigungen, Gesellschaften und Akademien und Träger vieler akademischer Auszeichnungen. 1932 verlieh ihm die Technische Hochschule Darmstadt die Ehrendoktorwürde. Im gleichen Jahr erschien seine „Einführung in die Schwingungslehre" [9], die ebenfalls bis in die 50er Jahre Neuauflagen erlebte.

Während der Herrschaft des Faschismus wurde es um *Barkhausen* recht still. Seine noch aus väterlicher Erziehung stammende gerade Haltung und sein ausgeprägter Gerechtigkeitssinn ließen in ihm wenig Sympathien für die braunen Machthaber aufkommen. Im 2. Weltkrieg arbeitete *Barkhausen* mit wenigen Assistenten im Dresdener Institut weiter, bis durch den militärisch sinnlosen Luftangriff englischer und US-amerikanischer Bomber das alte Dresden am 13. Februar 1945 zerstört wurde und *Barkhausen* sein Lebenswerk mit der völligen Zerstörung des Institutsgebäudes ebenfalls vernichtet sah.

Ab März 1945 — wie schon einmal 1915 — „beurlaubt", verließ er die Ruinenstadt Dresden. Noch 1945 erfuhr er auf Umwegen, daß in Dresden Aktivisten der ersten Stunde mit Hilfe der sowjetischen Besatzungsmacht dabei waren, aus den Trümmern eine neue Hochschule aufzubauen. Ende 1945 gelangte beim neuen Rektor der TH Dresden, Prof. Enno Heidebroek (1876 bis 1955) ein Schreiben an, das mit den Worten schloß: „Lieber Herr Kollege, seien Sie überzeugt, daß ich nach fast 35jähriger Zugehörigkeit zur Technischen Hochschule mich auch jetzt noch, wo mein ganzes Lebenswerk zerstört ist, aufs engste mit ihr verbunden fühle und alles tun werde, um ihr das alte Ansehen, das sie in der ganzen Welt gehabt hat, zu erhalten, so weit mir das mit meinen nicht mehr jugendlichen Kräften möglich ist." [10]

Im Juni 1946 kehrte *Barkhausen* nach Dresden zurück. Als „ordentlicher Professor für Allgemeine Elektrotechnik und Schwachstromtechnik" und als „Direktor des Instituts für Schwachstromtechnik" begann er erneut — wie schon einmal 1911 — dieses Institut aus kleinsten Anfängen heraus aufzubauen. Für ihn, im 65. Lebensjahr stehend und rings von einem weiten Trümmerfeld umgeben, war das in der schweren Nachkriegszeit eine gewaltige physische und psychische Belastung.

Barkhausen-Bau der TU Dresden

Aber es lohnte sich. Neue Schüler strömten herbei. Die anfängliche Niedergeschlagenheit wich einer Zuversicht, und so konnte er schon 1950 freudig feststellen: „Baulich ist an unserer Hochschule Gewaltiges geleistet worden. Das große alte elektrotechnische Institut ist völlig neu wiederhergestellt worden ... Ich hätte vor vier Jahren nicht gedacht, daß ich das noch erleben würde." [11; S. 160]
1949 ehrte die junge DDR mit der Verleihung des Nationalpreises den über die Grenzen Europas hinaus bekannten Wissenschaftler. Es war dies der erste Nationalpreis, mit dem ein Angehöriger der TH Dresden ausgezeichnet wurde. Jetzt wurde auch der Neubau des Schwachstrominstituts begonnen, um den *Barkhausen* schon seit 1914 vergeblich gerungen hatte und der nach der Fertigstellung des ersten Bauabschnittes 1951 den Namen „Barkhausenbau" erhielt.
Barkhausen trat ab 1. 9. 1953 in den Ruhestand. Am 20. Februar 1956 verstarb er in Dresden.

Lebensdaten zu Heinrich Barkhausen

1881	Am 2. Dezember in Bremen geboren
1901 bis 1906	Studium der Physik an der TH München, den Universitäten Berlin, München und Göttingen
1906	Assistent am Institut für angewandte Elektrizität bei *H. Th. Simon* und Promotion zum Dr. phil.
1907 bis 1911	Ingenieur bei *Siemens & Halske* in Berlin
1910	Habilitation an der TH Berlin
1911	Berufung an die TH Dresden, a. o. Professor und Direktor des Instituts für Schwachstromtechnik
1915 bis 1918	Tätigkeit im Laboratorium der „Inspektion des Torpedo- und Minenwesens" in Kiel
1917	Entdeckung des „Barkhauseneffekts" und der „Barkhausen-Kurz-Schwingungen"
1918	Rückkehr an TH Dresden, Ernennung zum o. Prof.

1923	Erster Band der „Elektronenröhren", drei weitere Bände folgen
1926	Einführung des „Phon" als Lautstärkemaß
1946 bis 1953	erneut o. Prof. und Direktor des Instituts für Schwachstromtechnik der TH Dresden
1956	Heinrich Barkhausen stirbt am 20. Februar in Dresden

Literaturverzeichnis zu Heinrich Barkhausen

[1] *Barkhausen, H.:* Die Probleme der Schwachstromtechnik. In: Dinglers Polytechnisches Journal, Berlin 92 (1911) 33, S. 513—517; 34, S. 531—534.

[2] *Barkhausen, H.:* Das Institut für Schwachstromtechnik an der Technischen Hochschule zu Dresden. In: Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 40 (1919) 8, S. 81—82.

[3] *Barkhausen, H.:* Das Problem der Schwingungserzeugung mit besonderer Berücksichtigung schneller elektrischer Schwingungen. Diss. Leipzig, 1907.

[4] *Nesper, E.:* Prof. Dr. Heinrich Barkhausen. In: Der Radio-Amateur, Berlin 1 (1923) 4, S. 78—79.

[5] *Schönfeld, H.:* Barkhausen. In: Wiss. Zeitschrift der Technischen Hochschule Dresden, Dresden 1 (1951/52) 1, S. 89—92.

[6] *Barkhausen, H.:* Elektronen-Röhren. Leipzig, 1. Aufl. 1923.

[7] *Barkhausen, H.:* Ein neuer Schallmesser für die Praxis. In: Zeitschrift für technische Physik, Leipzig 7 (1926) 12, S. 599—601.

[8] *Barkhausen, H.:* Schreiben an das Ministerium für Volksbildung v. 6. Okt. 1927, Akte A 7488 Archiv TU Dresden.

[9] *Barkhausen, H.:* Einführung in die Schwingungslehre. Leipzig, 1. Aufl. 1932.

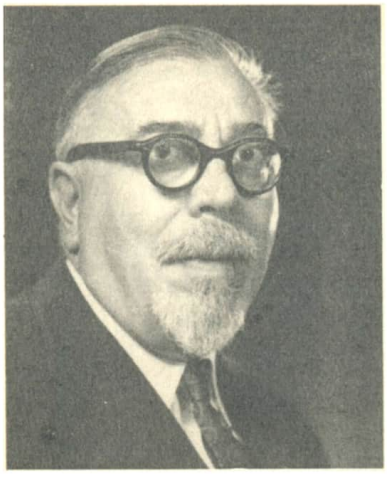
[10] *Barkhausen, H.:* Brief an Prof. Heidebroek v. 5. 12. 1945. Archiv TU Dresden.

[11] *Mende, H.:* Heinrich Barkhausen. In: Deutsche Techniker aus 6 Jahrhunderten. Hrsg. von A. Kauffeldt, Leipzig 1963, S. 156—161.

Norbert Wiener (1894 bis 1964)

Norbert Wiener war weder Techniker noch Ingenieur, sondern Mathematiker. Nach eigenem Bekenntnis stand er unmittelbar praktischen technischen Fragen sogar ziemlich hilflos gegenüber. Er verließ sich bei solchen Fragen lieber auf technische Spezialisten der einschlägigen Gebiete. Dennoch hat *Wiener* mit seinen Ideen auch die technische Entwicklung unseres Jahrhunderts maßgeblich beeinflußt, vorwiegend durch die vor allem mit seinem Namen verknüpfte Begründung der Wissenschaft Kybernetik.

Norbert Wiener wurde am 26. November 1894 in Columbia im USA-Staat Missouri geboren. Schon früh zeigte sich seine rasche Aufnahmefähigkeit, besonders für fremde Sprachen. Er galt als „Wunderkind". Den stärksten intellektuellen Einfluß übte in früher Jugend sein Vater, ein Sprachwissenschaftler, auf ihn aus. Er trachtete auch danach, die Begabungen seines Sohnes zu entdecken und seine geistigen Fähigkeiten zu formen. Bereits mit elf Jahren trat *N. Wiener* in ein College ein, wobei er mehrere jeweils seinem Alter entsprechende Klassenstufen übersprang. Schon mit achtzehn Jahren promovierte er an der Havard-Universität zum Doktor der Philosophie mit einem Thema aus der mathematischen Logik. Nach



Norbert Wiener

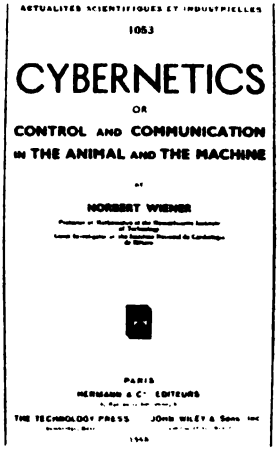
vorübergehenden Interessen für philosophische Studien und Versuchen, in biologischer Richtung zu studieren, wurde er Mathematiker.

Während seines Studiums, in seiner späteren Entwicklung und sein ganzes Leben lang wurden seine geistigen Grundhaltungen von einer Reihe hervorragender Mathematiker und Naturwissenschaftler geprägt oder beeinflußt. *Wiener* selbst erwähnt u. a. *Bertrand Russell* (1872 bis 1970), *David Hilbert* (1862 bis 1943), *Richard Courant* (1888 bis 1972), *Max Born* (1882 bis 1970) und *Werner Heisenberg* (1901 bis 1976).

Es gehörte zu *Wieners* Lebenshaltung, vielfältige Kontakte zu pflegen, und auf seinen Reisen in den USA, nach Mexiko, Europa und Asien kam er mit einer Reihe der bedeutendsten Gelehrten seiner Zeit zusammen. Von großem Nutzen bei den zahlreichen wissenschaftlichen Kontakten war seine hervorragende Sprachbegabung (er erlernte im Laufe seines Lebens mehr als zehn Sprachen).

Wiener war einer der bedeutendsten Mathematiker des 20. Jh. und leistete auf vielen Spezialgebieten der Mathematik Hervorragendes. Zu seinen hauptsächlichen mathematischen Arbeitsgebieten gehörten die Grundlagen der Mathematik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Potentialtheorie, Analysis, Tauber-Theoreme, mathematische Logik, Relativitäts- und Quantentheorie, elektrische Netzwerke sowie Anwendungen des *Fourier*-Integrals und *Fourier*-Transformationen im komplexen Bereich. Seine wissenschaftlichen Arbeitsgebiete reichten indessen über Bereiche der reinen und der angewandten Mathematik hinaus. So geht auf *Wiener* auch eine Reihe neuartiger Fragestellungen zurück, die auf die Entwicklung der Physiologie — insbesondere der Neurophysiologie — sowie der Genetik Einfluß ausgeübt haben. Allgemeiner bekannt geworden ist *Wiener* aber dadurch, daß er der neuen Wissenschaft Kybernetik ihren Namen gab, ihre erste theoretische Grundlegung vornahm und ihre praktische Entwicklung vorantrieb.

Wieners hauptsächliche Wirkungsstätte war das Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge (USA), dem er über vierzig Jahre und bis zu seinem Tode angehörte. Er starb am 18. 3. 1964 in Stockholm, als er sich auf einer Vortragsreise in Europa befand.


ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES
1053
CYBERNETICS
OR
CONTROL AND COMMUNICATION
IN THE ANIMAL AND THE MACHINE
NORBERT WIENER
PARIS
HERMANN & Cie EDITEURS
THE TECHNOLOGY PRESS JOHN WILEY & Sons INC
1948

Titelblatt
zu Wieners „Cybernetics"

Gemessen an den gesellschaftlichen Wirkungen und am Einfluß auf das einzelwissenschaftliche und philosophische Denken überragt die wesentlich durch *Wiener* erfolgte Begründung der Wissenschaft Kybernetik seine anderen, zum großen Teil ebenfalls hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen. Vorbereitet durch den in den dreißiger Jahren des 20. Jh. erreichten Stand in der Entwicklung von Wissenschaft und Technik, war *Wiener* derjenige, der die Umrisse des neuen Gebiets in seiner ganzen Bedeutung erkannte. Am Anfang standen Studien und Diskussionen über wissenschaftliche Methodik, die vor allem von Mathematikern, Medizinern, Physiologen und Physikern bestritten wurden. Die eigentliche „Geburtsstunde" der neuen Denkweise, zwar noch nicht dem Namen, aber der Sache nach, fällt nach *Wieners* eigenen Angaben in das Jahr 1943. Zu dieser Zeit erschien auch die erste diesem Thema gewidmete Arbeit. [Vgl. 1] Im Jahre 1947 einigten sich *Wiener* und die mit ihm zusammenarbeitenden Wissenschaftler darüber, dem neuen Gebiet einen besonderen Namen zu geben; sie prägten den künstlichen, aus dem Altgriechischen abgeleiteten, Ausdruck „Cybernetics". Sie beabsichtigten damit vor allem, auf eine einheitliche Terminologie für dieses Gebiet hinzulenken. Denn es hatte sich herausgestellt, daß das Nichtvorhandensein einer allgemeinen und einheitlichen Terminologie für den weiteren Fortgang der Arbeit hinderlich war. Nach den Vorstellungen der Wissenschaftlergruppe um *Wiener* sollte die neue wissenschaftliche Disziplin aus einer Einheit von Problemen der Nachrichtenübertragung, der Regelung und der statistischen Mechanik bestehen, wie sie sowohl in technischen Systemen (Maschinen) als auch in lebenden Organismen auftreten. Eine erste detaillierte Begründung der Aufgabenstellungen des neuen Gebiets erfolgte in dem später weithin bekannt gewordenen und in viele Sprachen übersetzten Buch „Cybernetics or control and communication in the animal and the machine". Es erschien 1948, nahezu gleichzeitig in New York und Paris.

Wiener vertrat in diesem Buch und in späteren Schriften, insbesondere auch in seiner letzten diesem Thema gewidmeten Arbeit „God & Golem, Inc.: A Comment on certain points where cybernetics impinges on religion" (erschien 1964 in Cambridge/Mass.), im Hinblick auf die Perspektiven praktischer Anwendungen der

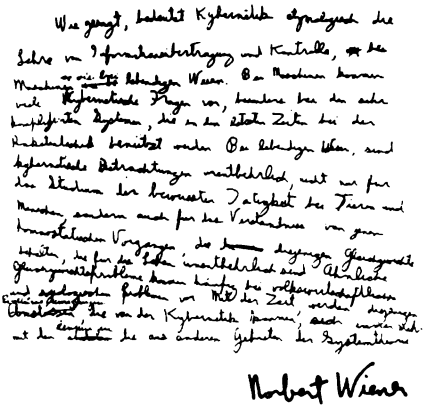
Kybernetik einen realistischen und in bezug auf einige Anwendungsgebiete auch kritischen Standpunkt. So äußerte er sich z. B. optimistisch über die Konstruktion neuartiger Prothesen, die einen weitgehenden Ersatz verlorener oder verkümmerter menschlicher Gliedmaßen und Sinnesorgane sein könnten. Äußerst skeptisch dagegen war er hinsichtlich der Möglichkeiten einer regulierenden Beeinflussung der ökonomischen und anderer gesellschaftlicher Prozesse mittels kybernetischer Methoden. So erklärte er schon in seiner „Cybernetics" im Hinblick auf soziale und ökonomische Probleme, er könne nicht die Hoffnung anderer teilen, „daß ein ausreichender Fortschritt in dieser Richtung erzielt werden kann, um eine beachtenswerte therapeutische Wirkung auf die gegenwärtigen Krankheiten der Gesellschaft zu erzielen". [2; S. 56] Dabei muß freilich berücksichtigt werden, daß *Wiener* ausschließlich die kapitalistische Gesellschaft betrachtete, für die er eine „Homöostase" für unmöglich hielt.

In enger Beziehung zur Kybernetik steht auch die Entwicklung der modernen maschinellen Rechentechnik, zu der *Wiener* einen wesentlichen Beitrag leistete. So wandte er schon 1940 einen großen Teil seiner Aufmerksamkeit der Entwicklung von Rechenmaschinen für die Lösung partieller Differentialgleichungen zu. Die damals an einen zu entwickelnden Rechner gestellten Forderungen stimmten ziemlich genau mit denen überein, die von den späteren Computern tatsächlich erfüllt wurden: ein zentrales numerisches Addier- und Multiplizierwerk; Schaltmechanismen für die Sicherung eines schnellen Arbeitsablaufes (z. B. unter Benutzung von Elektronenröhren); Benutzung des binären Zahlensystems; selbsttätige (programmgesteuerte) Arbeit der Maschine; eine Speichervorrichtung für Daten, die diese in hohem Tempo festhalten, rasch lesen und auch wieder schnell löschen kann, um danach für die Aufzeichnung neuer Daten bereit zu sein.

Es zeugt von der Bescheidenheit des großen Gelehrten, daß er von diesen damals weitsichtigen Gedanken in seinem Buch sagte: „Diese Vorstellungen lagen alle im Denken der Zeit nahe, und ich möchte auch nicht für einen Augenblick etwas Ähnliches wie die alleinige Urheberschaft ihrer Einführung beanspruchen." [2; S. 30]

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Kybernetik, dem *Wiener* besonders große Aufmerksamkeit widmete, ist die Steuerung der zunehmend komplexer werdenden technischen Systeme — besonders in der Industrie — durch elektronische Rechenmaschinen. Es ist bezeichnend für *Wieners* humanistische Grundeinstellung, daß er sich bei seinen Überlegungen nicht allein auf die rein mathematischen und technischen Aspekte der von der Kybernetik hervorgebrachten grundlegenden Umwälzungen auf dem Gebiet der Automatisierung beschränkte, sondern von Anfang an auf die sozialen Probleme und Gefahren aufmerksam machte, die (unter kapitalistischen Bedingungen) damit verbunden sind. Er fühlte sich sogar verpflichtet, entsprechende Informationen an die Gewerkschaften als jene Organisationen zu geben, die „aktives Interesse an den Bedingungen und der Zukunft der Arbeit haben". [2; S. 61]

Charakteristisch für *Wieners* Haltung ist, daß er ein populärwissenschaftliches Buch mit dem bezeichnenden Titel „The human use of human beings — Cybernetics and society" („Die menschliche Verwendung des Menschen – Kybernetik und Gesellschaft") schrieb. Es erschien erstmalig 1954 in New York (eine deutsche Über-



Norbert Wiener

Aus einem Manuskript Wieners in deutscher Sprache

setzung erschien erstmalig 1958 unter dem Titel „Mensch und Menschmaschine"). In diesem Buch übte *Wiener* an den gesellschaftlichen Zuständen in den USA und an der Haltung verschiedener einflußreicher amerikanischer Führungskreise schonungslos Kritik. Dabei beschränkte er sich nicht allein auf so allgemeine, wenn auch ausdrucksstarke Sätze wie: „Wir müssen aufhören, die Peitsche zu küssen, die uns schlägt" [3; S. 182], sondern sagte z. B. viel direkter: „Unsere Konservativen aller Schattierungen haben sich irgendwie zusammengefunden, um den amerikanischen Kapitalismus und die fünfte Freiheit des Geschäftsmannes (gemeint ist die Freiheit auszubeuten — d. Verf.) in der ganzen Welt auf den Thron zu erheben". [3; S. 185] Diese und andere Aktivitäten trugen Wiener in den USA zweifellos auch Haß und Ablehnung bei denen ein, die sich getroffen fühlen mußten. Solches Wirken von *Wiener* mag auch wesentlich dazu beigetragen haben, daß sein Name und ebenso der Name „Cybernetics" in den USA einigermaßen in Verruf geraten ist (was nicht damit verwechselt werden darf, daß auf dem damit bezeichneten Gebiet keine Forschungen betrieben würden). Jedenfalls ist das Verhältnis zur Kybernetik als neuer Wissenschaft und ebenso zu *Wiener* heute in der Sowjetunion, der DDR und in anderen sozialistischen Ländern wesentlich enger als in seinem Heimatlande.

Ähnlich wie bei vielen anderen bedeutenden Naturwissenschaftlern, Mathematikern und Technikern kapitalistischer Länder wird *Wieners* gesamte Denkweise in bezug auf Gegenstände, die außerhalb seiner eigenen Wissenschaft liegen, sehr wesentlich von der Denkweise, die in dieser Wissenschaft herrscht, beeinflußt. Bei *Wiener* verbinden sich dabei Strenge der Gedankenführung und kritische Haltung des Mathematikers mit einer bürgerlich-humanistischen Grundhaltung, die sich in seinem ganzen Lebenswerk niederschlägt. Darüber hinaus hat *Wiener* aber auch versucht, seine wissenschaftlichen Ideen — namentlich diejenigen zur Kybernetik — mit der Philosophiegeschichte in Verbindung zu bringen. So bekennt er in seiner Autobiographie, daß *Baruch de Spinoza* (1632 bis 1677) und *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646 bis 1716) die beiden Philosophen gewesen seien, die ihn am stärksten beeinflußt hätten. [vgl. 4; S. 17] In seiner „Kybernetik" stellt er sein Verhältnis zu *René Descartes* (1596 bis 1650), zu *Leibniz* und *Henri Bergson* (1859 bis 1941) dar.

Dabei stehen aber seine philosophischen Interpretationen der von ihm gefundenen naturwissenschaftlichen Zusammenhänge oft im Widerspruch zu den philosophiegeschichtlichen Anknüpfungspunkten, die er hierfür sieht. Seine philosophische Grundhaltung kann wohl am ehesten als diejenige des spontanen, „naturwissenschaftlichen" Materialisten charakterisiert werden. Zugleich ist damit außerhalb der eigentlichen wissenschaftlichen Tätigkeit und unabhängig von dieser eine gewisse religiöse Haltung nicht unmöglich.

Die bürgerliche Philosophie hat oft versucht, *Wieners* weltanschauliche Haltung zu entstellen. Nicht selten wird er sogar zum Kronzeugen für Idealismus erklärt oder seine Überzeugung wird für eine angeblich mögliche Haltung „jenseits von Idealismus und Materialismus" mißbraucht. Im Zentrum dieser Fehldeutungen stehen die dabei häufig zitierten Sätze *Wieners*: „Information ist Information, weder Materie noch Energie. Kein Materialismus, der dieses nicht berücksichtigt, kann den heutigen Tag überleben." [2; S. 192] Was dabei aber von bürgerlichen Philosophen in der Regel unterschlagen wird, ist der Zusammenhang, in dem dies gesagt wird. *Wiener* geht es nämlich an dieser Stelle seines Buches um das Verhältnis von energetischen und informationellen Prozessen in Rechenautomaten. Seine Erwägungen führen ihn zu dem Schluß: „Das mechanische Gehirn scheidet nicht Gedanken aus ‚wie die Leber ausscheidet', wie frühere Materialisten annahmen, noch liefert sie diese in Form von Energie aus, wie die Muskeln ihre Aktivität hervorbringen." [2; S. 192] In diesem Zusammenhang wird aber völlig klar, gegen welche Art von Materialismus *Wiener* hier auftritt und welche Vorstellung von Materie seinen Überlegungen zugrunde liegt: Es ist der Vulgärmaterialismus des 19. Jh., wie er von *Ludwig Büchner* (1824 bis 1899), *Jakob Moleschott* (1822 bis 1893) oder *Karl Vogt* (1817 bis 1895) vertreten wurde. [Vgl. 5] „Materie" ist hier keinesfalls die Bezeichnung für die zugehörige philosophische Kategorie, sondern eine oft noch anzutreffende Benennung für das, was treffender mit „Stoff" zu bezeichnen ist. In der Tat können aber die Besonderheiten von Information weder auf die von Stoff noch auf jene von Energie zurückgeführt werden. Freilich zeigt die Betrachtungsweise von *Wiener* insgesamt, daß ihm die moderne, der heutigen Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik gemäße Form des Materialismus in Gestalt des von *Marx* und *Engels* begründeten dialektischen Materialismus fremd geblieben ist. Er war aber zeitlebens ein Feind von mechanischem und von Vulgärmaterialismus, von Vitalismus ebenso wie von Mechanizismus.

Wiener dachte auch über eine Reihe explizit philosophischer und gesellschaftspolitischer Fragen nach. Besonders intensiv beschäftigten ihn das Verhältnis von Mensch und Maschine und die Zukunft der modernen Maschinenwelt sowie verschiedene Aspekte, die mit dem theoretischen Entwurf selbstreproduzierender Systeme verbunden sind. Im Gegensatz zu vielen seiner Interpreten entwarf er selbst weder idyllische Zukunftsaussichten noch ausschließlich pessimistische Visionen, sondern versuchte, auch in dieser Beziehung eine realistische Haltung einzunehmen: „Die Welt der Zukunft wird ein mehr und mehr aufreibender Kampf gegen die Beschränkungen unseres Verstandes sein, keine bequeme Hängematte, in die wir uns legen können, um von unseren Robotersklaven bedient zu werden." [6; S. 97]

Lebensdaten zu Norbert Wiener

1894	Am 26. November in Columbia (USA) geboren
1905	Eintritt ins College
1912	Promotion an der Harvard-Universität
1940	Arbeiten zur Entwicklung von Rechenmaschinen für die Lösung partieller Differentialgleichungen
1943	Erste Arbeit zur Kybernetik
1948	„Cybernetics or control and communication in the animal and the machine"
1954	„The human use of human beings — Cybernetics and society"
1964	„God & Golem, Inc."
1964	18. März, in Stockholm (Schweden) gestorben

Literaturverzeichnis zu Norbert Wiener

[1] *Rosenblueth, A., N. Wiener, J. Bigelow:* Behaviour, purpose, and teleology. Philosophy of Science, Baltimore 10 (1943), S. 18—24.

[2] *Wiener, N.:* Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine. Düsseldorf, Wien 1963.

[3] *Wiener, N.:* Mensch und Menschmaschine. Frankfurt a. M. 1958.

[4] *Wiener, N.:* Mathematik — mein Leben. Düsseldorf, Wien 1962.

[5] *Engels, F.:* Dialektik der Natur. In: MEW, Bd. 20, Berlin 1962, S. 331.

[6] *Wiener, N.:* Gott & Golem, Inc., Düsseldorf, Wien 1965.

[7] *Ilgauds, H.-J.:* Norbert Wiener. Leipzig 1980 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 45).

Chemische Technik

Adolph Frank (1834 bis 1916) und Nikodem Caro (1871 bis 1935)

Der Revolution von 1848/49 in Deutschland blieb ein durchgreifender Erfolg versagt. Bei der Suche nach ihren Ursachen glaubte die feudalbourgeoise Reaktion in den vorangegangenen Mißernten einen wesentlichen Grund dafür gefunden zu haben und förderte gewissermaßen vorbeugend gegen weitere Unruhen die Entwicklung der von *Justus von Liebig* (1803 bis 1873) begründeten Agrikulturchemie. *Liebig* hatte den Wert der künstlichen Düngung, insbesondere des Kaliums und seiner Verbindungen als Pflanzennährstoff für die Landwirtschaft schon 1840 nachgewiesen. *Liebigs* Erkenntnisse über den Wert des Kaliums und seiner Verbindungen gewannen an Aktualität, als man 1856 beim Abteufen eines Steinsalzschachtes bei Staßfurt in 255,5 m Tiefe auf magnesium- und kaliumhaltige Salze stieß, mit denen man aber zunächst nichts anzufangen wußte und sie deshalb auf Halde förderte.

Adolph Frank

Aber eine Reihe von Chemikern, wie *Hermann Julius Grüneberg* (1827 bis 1894) u. a. versuchten durch weitere Untersuchungen, die Abraumsalze einer industriellen Verarbeitung zugänglich zu machen. Als erster entwickelte *Adolph Frank* ein Verfahren zur Darstellung von Kaliumchlorid — nach dem damaligen Sprachgebrauch „Chlorkalium" — aus Carnallit ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6\ H_2O$), dem mineralischen Hauptbestandteil der Abraumsalze. Dafür wurde ihm am 21. März 1861 ein Patent erteilt.

Adolph Frank wurde am 20. Januar 1834 in Klötze (Altmark) geboren. Sein Vater, Besitzer eines Bekleidungsgeschäfts, konnte ihm den Besuch der damals bekannten Jacobson-Schule in Seesen (in der Nähe von Goslar) ermöglichen. Mit 14 Jahren kam *A. Frank* dann nach Osterburg in die Apothekerlehre. Ausgerüstet mit ersten chemischen Kenntnissen ging er nach bestandener Lehrzeit für drei Jahre als Apotheker-Gehilfe nach Habelschwerdt (Bystrzyca Kłodzka). In dieser Zeit vertiefte er selbständig seine chemischen Kenntnisse und entschloß sich, nach seiner Militärzeit ab 1855 in Berlin Chemie und Technologie zu studieren, wo er schon während dieser Zeit 1854/55 an der Tierarzneischule Vorlesungsassistent bei *Carl Gottlieb Heinrich Erdmann* (1798 bis 1876), später dann bei *Otto Carl Berg* (1815 bis 1866) und *Alexander Heinrich Braun* (1805 bis 1877) in den Vorlesungen über Pharmakologie und Botanik war. *Frank* hörte Vorlesungen bei *Eilhard Mitscherlich* (1794 bis 1863), *Heinrich Gustav Magnus* (1802 bis 1870), *Heinrich Rose* (1795 bis 1864) und *Heinrich Wilhelm Dove* (1803 bis 1879) und bestand das Staatsexamen als Apotheker schon im Sommer 1857 mit sehr guten Ergebnissen. Um seinen Lebensunterhalt zu verdienen, war er in dieser Zeit außerdem noch in einer Berliner Apotheke tätig. Nach dem Staatsexamen nahm *Frank* auf Empfehlung von *Mitscherlich* und *Magnus* eine Tätigkeit als Chemiker bei der damals bedeutendsten Rübenzuckerfabrik „Bennecke, Hecker & Co." in Staßfurt-Hecklingen auf. Hier führte er gemeinsam mit dem Bonner Professor *Hermann E. Schacht* (1814 bis 1864) Untersuchungen über die Rübennematoden (Rübenschädlinge, Fadenwürmer) aus, entwickelte ein Verfahren zum Scheiden und Reinigen von Rübensäften mittels Tonerdeseifen, für das er 1858 sein erstes Patent erhielt, führte die noch neue

Fabrikation und Verwendung von Knochenkohle und Superphosphat in die Zuckerindustrie ein und leitete den Bau einer Schlempekohlefabrik. 1862 promovierte *Frank* an der philosophischen Fakultät der Universität Göttingen mit einer Arbeit über die „Verluste bei der Fabrikation des Rohzuckers".

Durch *Liebigs* Schriften über die Bedeutung der Mineraldüngung in der Landwirtschaft aufmerksam geworden, machte sich auch *Frank* in seiner Staßfurter Zeit im Zusammenhang mit seinen Arbeiten zur Steigerung der Rübenzuckerproduktion, über die Verwendung der beim Steinsalzaufschluß gefundenen Abraumsalze als Düngemittel Gedanken. Während aber andere Chemiker scheinbar nicht zu brauchbaren Ergebnissen gelangten, fand *Frank* eine Methode zur Gewinnung verwendbaren Kaliumchlorids, nach der das schädliche Magnesiumchlorid (Bischofit) aus dem Carnallit durch Kalzinieren zerstört und anschließend das Kaliumchlorid durch Auslaugen und Eindampfen ausgezogen wurde.

Frank verband im Denken und Handeln das wissenschaftlich Erkannte stets mit dem praktisch Nützlichen und nahm die Realisierung zielstrebig in Angriff. So bemühte er sich schon vor der Erteilung des Patents für sein Verfahren, einerseits um die Bewilligung einer staatlichen Unterstützung zum Bau einer Fabrikanlage, andererseits um die Propagierung der Vorteile, die sich als Folgen aus dem von ihm entwickelten Verfahren für die Wirtschaft ergeben würden. Weit vorausschauend faßte er die wesentlichen Entwicklungsperspektiven für die Staßfurter Industrie über die Anlage einer chemischen Fabrik in vier Punkten zusammen:

1. beschrieb er die Verarbeitung der Staßfurter Abraumsalze zu Kaliumchlorid und gab eine Berechnung der Anlagekosten der Fabrik und der Herstellungspreise der Produkte; 2. verwies er auf die Verwendbarkeit des ebenfalls in den Abraumsalzen enthaltenen Kieserits ($MgSO_4 \cdot H_2O$) zum Herstellen von Kaliumsulfat und Glaubersalz ($Na_2SO_4 \cdot 10\ H_2O$) und Pottasche (Kaliumcarbonat) bzw. Soda; 3. hielt er die Herstellung von Salzsäure und Magnesia aus dem Magnesiumchlorid für möglich; 4. betonte er eindringlich die Wichtigkeit der Herstellung von Kalidüngemitteln, um der fortschreitenden Bodenerschöpfung Einhalt zu gebieten.

Staatliche Unterstützung wurde *Frank* jedoch versagt, und auch private Geldgeber waren von seinem Unternehmen nicht ohne weiteres zu überzeugen, galten Bergbauunternehmen nach der bislang größten kapitalistischen Wirtschaftskrise (1857 bis 1859) doch als besonders risikovoll. Schließlich fand *Frank* in dem Hamburger Handelshaus Philip & Speyer einen Kreditgeber. Mit dem erhaltenen Darlehen von 8000 Talern ging er sofort an den Bau der Fabrikanlage, die am 1. Oktober 1861 als erste deutsche Kalifabrik mit einer täglichen Verarbeitung von etwa 5 t Abraumsalzen bei Staßfurt den Betrieb aufnahm. Obwohl *Franks* Kalifabrik eigentlich nur kurze Zeit nach seinem eigenen, dann nach dem von *Grüneberg* verbesserten Verfahren produzierte, war er doch Initiator dieses Industriezweiges, der als erster die Produktion in Angriff genommen hatte, den Nutzen der Kalisalzdüngung für die Landwirtschaft nachdrücklich propagierte und auch den Absatz dieses Produkts im In- und Ausland in Gang brachte.

Der Erfolg des Kalidüngers war so frappierend, daß man von einem regelrechten „Kali-Fieber" sprechen konnte. Schon 1864 gab es 18 und 1872 sogar 33 weitere Kalifabriken in Staßfurt und Leopoldshall, die damals bereits jährlich über 0,5 Mill. t Rohkalisalze verarbeiteten. 1910 schlossen sich zahlreiche Kalibetriebe Deutsch-

lands zu einem Kalisyndikat zusammen, daß als kapitalstarkes Unternehmen lästige Konkurrenten zu beseitigen und die Preise zum Erlangen des Maximalprofits zu regeln vermochte. 1913 wurden in Deutschland etwa 11,6 Mill. t Rohsalz verarbeitet.

A. Frank übersiedelte 1876 nach Charlottenburg bei Berlin und übernahm dort die wissenschaftliche und technische Leitung einer Glashütte. *Frank* hatte diese Stellung bis 1885 inne und nutzte sie für zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen zur Neuentwicklung bzw. Verbesserung chemischer Technologien auf dem Gebiet der Glas- und Emailleherstellung, der Gewinnung von Brunnensalzen und beschäftigte sich mit der Einführung der Thomasschlacke in die Landwirtschaft. Auf seine Untersuchungen über die Lichteinwirkung gefärbter Gläser auf Flaschenbier, geht beispielsweise die Erkenntnis zurück, daß die Haltbarkeit der Biere in braunen bedeutend größer als in grünen Flaschen ist.

In seiner Berliner Zeit begann *Frank* auch zunehmend in wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Gremien unterschiedlichster Art tätig zu werden. So z. B. im Verein zur Förderung des Gewerbefleißes in Preußen, im Verein Deutscher Ingenieure (VDI), im Verein zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche, in der Polytechnischen Gesellschaft, als Mitbegründer und langjähriger Vorsitzender des technischen Ausschusses des Deutschen Acetylen-Vereins und als wissenschaftlicher Berater der Gasanstalten in Charlottenburg.

1885 wandte sich *Frank* nun als unabhängiger, sog. konsultierender Chemiker und Zivilingenieur wiederum einem neuen Arbeitsgebiet zu. In dieser Zeit begann sich die Sulfitzelluloseindustrie, deren chemische Seite bis dahin nur sehr mangelhaft erforscht war, stark zu entwickeln. *Frank* arbeitete eine Technologie aus, die zu einer offenkundig erfolgreichen Verbesserung des Herstellungsprozesses an Zellstoff insgesamt führte, so daß bis zur Jahrhundertwende zahlreiche Zellstoffabriken in zahlreichen Ländern nach seinen Plänen und z. T. unter seiner persönlichen Mitwirkung gebaut wurden. In Deutschland selbst sorgte *Frank* mit einer Denkschrift an das preußische Landwirtschaftsministerium dafür, daß die günstigen, aber bis dahin ungenutzten Möglichkeiten für die Zellstoffproduktion in Ostpreußen systematisch erschlossen wurden.

1895 begann *Frank*, sich ein letztes, großes Gebiet der chemischen Industrie wissenschaftlich und wirtschaftlich zu erschließen. Zusammen mit seinem damaligen Assistenten *Nikodem Caro* hatte er festgestellt, daß die Carbide der Erdalkalimetalle unter bestimmten Bedingungen mit atmosphärischem Stickstoff Verbindungen einzugehen vermögen.

Versuche, durch Überleiten von Stickstoff über ein Gemisch von Alkali- oder Erdalkalimetalle und Kohle, die Bildung von Cyaniden, Ammoniak und Amiden zu erzielen, waren schon von *Robert Wilhelm Bunsen* (1811 bis 1899) und *Lyon Playfair* (1818 bis 1898), von den Franzosen *Margueritte* und *Sourdeval* sowie von dem deutschen Chemiker *Ludwig Mond* (1839 bis 1903) und dem Engländer *Abraham Adam Brenemann* (1847 bis 1928) [3] angestellt, jedoch wegen der dabei auftretenden technischen Schwierigkeiten und überaus hohen Carbid-Kosten (Carbid wurde bisher nur im Labormaßstab produziert) als unökonomisch aufgegeben worden. Die Situation hatte sich jedoch grundlegend verändert, nachdem nach den von *Ferdinand Frederic Henri Moissan* (1852 bis 1907) und *Thomas L. Wilson* 1892 un-

Nikodem Caro

abhängig voneinander gemachten Beobachtungen einer Carbid-Bildung im elektrischen Ofen, eine Methode gefunden worden war, Carbide in größeren Mengen billig herzustellen.

1895 veröffentlichte *N. Caro* eine Studie über „die synthetischen Methoden der Cyankaliumfabrikation". [4] Darin stellte er ausgehend von einer kritischen Übersicht der bis dahin bekannten Reaktionsabläufe bei der Bildung primärer und sekundärer Cyanide die Theorie auf, daß beim Erhitzen von Alkali- oder Erdalkalicarbonat bzw. -Oxidgemischen mit Kohle im Stickstoffstrom, die Cyanidsynthese durch eine intermediäre Bildung von Carbid zu erklären sei.

Nikodem Caro wurde am 23. Mai 1871 in Łódź geboren. Seine Eltern, der Vater war deutscher Vizekonsul, stammten aus streng jüdischen Rabbiner-Familien. *Nikodem Caro* studierte Chemie in Berlin, war Assistent bei *Adolf Pinner* (1842 bis 1909) und eröffnete anschließend ein öffentliches chemisches Labor. Schon kurze Zeit später führte ihn die Arbeit mit *A. Frank* zusammen. Neben Forschungen über die katalytische Ammoniakoxidation, die Teilverflüssigung von Wassergas und die Torfvergasung, bildete das gemeinsam mit *Frank* zur großtechnischen Reife entwickelte Kalkstickstoff-Verfahren *Caros* bedeutendste wissenschaftlich-technische Leistung.

Cyanide, insbesondere Cyankali, wurden um die Jahrhundertwende in größeren Mengen vor allem zum Aufschließen und Ausscheiden des Goldes aus den Erzen der in den südafrikanischen Kolonien ausgebeuteten Goldminen benötigt. Ihre Herstellung war aber großtechnisch nur aus dem importabhängigen und dementsprechend teuren Chilesalpeter oder aus dem im beschränkten Umfang gewonnenen Nebenprodukt-Ammoniak der Kokereien und Gasanstalten möglich. Als *Frank* und *Caro* 1894 auf der Basis der von *Caro* ausgeführten oben genannten theoretischen Vorarbeiten praktische Versuche zur Darstellung synthetischer Cyanide unternahmen, standen hinter der wissenschaftlich-technischen Zielstellung also handfeste wirtschaftliche und politische Interessen.

Die Versuche von *Frank* und *Caro* zur Darstellung von Cyanverbindungen aus Carbiden waren im März 1895 erfolgreich, und am 26. August 1896 wurde ihnen für

ihr Verfahren das Patent erteilt. Zwei Zusatzpatente gaben Modifizierungen an. Auf der Grundlage dieser Patente gelang es *Frank*, die Dynamit-AG, vorm. *Alfred Nobel* & Co. in Hamburg, für die Finanzierung einer Versuchsanlage zu gewinnen, wo die ausgearbeiteten Laboratoriumsmethoden praktisch erprobt und vervollkommnet wurden. Diese Versuchsanlage wurde im Sommer 1896 in Hamburg-Billwärder errichtet. Aber auch die Großversuche brachten anfangs nicht den erhofften Erfolg, so daß man bis zum Sommer 1897 über das zunächst gesteckte Ziel der Herstellung von Ferrocyankalium und Kaliumcyanid aus Bariumcyanid nicht wesentlich hinauskam. *Frank* zog daraufhin den Chemiker *F. Rothe* (1867 bis 1958) zu den Arbeiten hinzu. Dieser hatte sich ebenfalls schon 1895/96 mit dem Einwirken von Stickstoff auf Carbide beschäftigt. *Rothe* gelang es, durch Veränderung der Versuchsparameter, die Bedingungen der Ferrocyanid-Darstellung aufzuklären. Bei seinen Versuchen hatte er neben einer 40- bis 45%igen Ausbeute an Bariumcyanid, weitere 20 bis 25% einer ihm unbekannten Verbindung erhalten, die er später bei Versuchen mit Calciumcarbid als das jeweilige Cyanamid identifizieren konnte.

Einen auf diese wichtige Entdeckung hin am 15. 6. 1898 beantragten Patentanspruch für das „Verfahren zur Darstellung von Cyanamid-Salze aus Carbiden und Stickstoff" mußte *Rothe*, weil er in *Franks* Diensten stand und nach der damaligen Rechtsprechung keinen Besitzanspruch auf die eigene Erfindung hatte, an *Frank* abtreten. Das entsprechende Patent wurde später an *Frank* und *Caro* erteilt. [5]

Auch wenn *Rothe* die Verwendungs- und Verwertungsmöglichkeiten des Calciumcyanamids, des sog. Kalkstickstoffs, und damit die ganze Tragweite seiner Entdeckung nicht völlig abschätzen konnte, war er doch ihr geistiger Urheber. Dieses Beispiel zeigt deutlich die Skrupellosigkeit, mit der imperialistische Unternehmerwillkür nicht nur die körperliche, sondern auch die geistige Arbeitskraft ausbeutet und sich ihre Produkte aneignet.

Frank und *Caro* unternahmen sofort alle erforderlichen Maßnahmen, um finanzkräftige Unternehmen für das Kalkstickstoff-Verfahren zu interessieren. 1899 gründete die Firma *Siemens & Halske* unter Beteiligung der Deutschen Bank und der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt, vorm. *Rößler* in Frankfurt, in Berlin die Cyanidgesellschaft m. b. H., wo unter *Frank* und *Caros* Leitung das Kalkstickstoff-Verfahren zur großtechnischen Reife entwickelt wurde. Zwar stand auch hier zuerst noch die Cyanid-Gewinnung im Vordergrund, jedoch hatte der britisch-imperialistische Kolonialkrieg gegen die südafrikanischen Burenrepubliken (1899 bis 1902) den Goldbergbau zum Erliegen gebracht und damit die Nachfrage nach Cyaniden rapide zurückgehen lassen. Durch diesen Konjunkturumschlag trat erst gezwungenermaßen die Verwendung des Kalkstickstoffs zur daraus leicht möglichen Ammoniakproduktion und als Düngemittel in den Vordergrund, und wurde für die Sprengstoffindustrie und Landwirtschaft ein außerordentlich interessantes Produkt.

1902 war die lange Zeit für unmöglich gehaltene chemische Bindung des Luftstickstoffs theoretisch und technisch realisierbar geworden, und *Frank* schrieb im Frühjahr 1903: „Wir sind jetzt mit Hilfe der elektrischen Kraft imstande, den bisher so passiven Stickstoff der Atmosphäre zu binden, ihn in unsere Dienste zu zwingen und ihn so der Landwirtschaft und Technik nutzbar zu machen." [6; S. 539]

1905 wurde in Piano d'Orta von der italienischen Tochtergesellschaft der deutschen Cyanidgesellschaft die erste Kalkstickstoffabrik der Welt errichtet, die noch im gleichen Jahr mit einer Kapazität von über 3000 t Kalkstickstoff jährlich die Produktion aufnahm. In den darauffolgenden Jahren folgten weitere Fabriken, nicht nur in Deutschland.

Frank sind Ehrungen mannigfaltiger Art zuteil geworden. Beispielsweise wurde ihm der Titel eines Professors verliehen, die TH Dresden ernannte ihn 1905 zum Dr.-Ing. e. h., die schwedische Akademie für Landwirtschaft wählte ihn zu ihrem auswärtigen Mitglied.

Als *Adolph Frank* am 30. Mai 1916 starb, gehörte er zu den ganz wenigen Pionieren der modernen chemischen Verfahrenstechnik, deren Name mit dem Entstehen und der Entwicklung gleich zweier strukturbestimmender Produktionszweige der chemischen Industrie — der des Kalis und der des Kalkstickstoffs — aufs engste verbunden ist. Er starb in einer Zeit, als die Kalkstickstoffindustrie aufgrund der Kriegsereignisse eine weitere Blütezeit erlebte.

Nikodem Caro, sein jahrzehntelanger Freund und Mitarbeiter, setzte das gemeinsame Werk fort. Seinen Bemühungen ist es im wesentlichen zu verdanken, daß die Kalkstickstoffindustrie vor einem Überflügeln durch das inzwischen entwickelte und technisch ausgereifte, energiegünstigere und anpassungsfähigere *Haber-Bosch*-Verfahren zur Ammoniaksynthese [vgl. 8; S. 282 ff.] erfolgreich bewahrt wurde. Auch ihm wurden hohe Ehren zuteil, so die Wahl zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Verfolgt vom deutschen Hitler-Faschismus starb er am 27. Juni 1935 im Schweizer Exil.

Auch noch heute wird Kalkstickstoff zu Düngemittelzwecken nach dem Prinzip des *Frank-Caro*-Verfahrens produziert. Für die Ammoniak- und Salpetersäureproduktion spielt es dagegen kaum noch eine Rolle, weil die katalytische Ammoniaksynthese billiger und einfacher zum gleichen Ziel führt.

Lebensdaten zu Adolph Frank

1834	Am 20. Januar in Klötze (Altmark) geboren
1848	Lehre als Apotheker-Gehilfe in Osterburg
1855 bis 1857	Studium der Chemie und Technologie in Berlin
1857	Staatsexamen als Apotheker, danach Chemiker in Staßfurt
1860/61	Entwicklung eines Verfahrens zur Aufbereitung der Staßfurter Abraumsalze als Kalidünger und Bau der ersten deutschen Kalifabrik
1862	Promotion zum Dr. phil. an der Universität Göttingen
1885	Arbeiten über die Sulfitzelluloseproduktion
Ab 1895	Mit *N. Caro* Untersuchungen über die Anlagerung atmosphärischen Stickstoffs an die Carbide der Alkali- und Erdalkalimetalle
Ab 1898	Entwicklung des Kalkstickstoff-Verfahrens zur großtechnischen Reife und Überführung in die Produktion
1916	Am 30. Mai in Berlin-Charlottenburg verstorben

Lebensdaten zu Nikodem Caro

1871	Am 23. Mai in Łódź geboren
Bis 1894	Studium der Chemie in Berlin; Gründung eines öffentlichen chemischen Laboratoriums in Berlin
Ab 1895	Mit *A. Frank* Untersuchungen über die Anlagerung atmosphärischen Stickstoffs an die Carbide der Alkali- und Erdalkalimetalle; diese Arbeiten führen schließlich zur Begründung der Kalkstickstoffindustrie als einem strukturbestimmenden Produktionszweig der chemischen Industrie
1907	Gründung der Bayerischen Stickstoff-Werke AG und Bau des ersten großen deutschen Kalkstickstoffwerkes in Trostberg (Oberbayern); Leitung dieses Unternehmens als Generaldirektor bis zur Emigration
1935	Am 27. Juni in Zürich verstorben

Literaturverzeichnis zu Adolph Frank und Nikodem Caro

[1] *Grossmann, H.:* Adolph Frank. In: Zeitschrift für angewandte Chemie, Leipzig **29** (1916), S. 373 ff.

[2] *Grossmann, H.:* Adolph Frank und das Preisausschreiben Liebig-Stiftung über die Verwendung der Kalisalze aus dem Jahre 1876. In: Zeitschrift für angewandte Chemie, Leipzig **32** (1919), S. 97 ff.

[3] *Breneman:* Zur Bindung des atmosphärischen Stickstoffs behufs Gewinnung von Cyan-Verbindungen. In: Zeitschrift für angewandte Chemie, Leipzig **3** (1890), S. 173 ff.

[4] *Caro, N.:* Die synthetischen Methoden der Cyankaliumfabrikation. In: Die chemische Industrie, Berlin **18** (1895), S. 162 ff.

[5] *Rothe, F.:* Aus den Erinnerungen eines Industrie-Chemikers. Über die Entdeckung des Kalkstickstoff-Verfahrens. Eine lehrreiche Erfindungsgeschichte. Als Manuskript gedruckt. Berlin 1932.

[6] *Frank, A.:* Zur Nutzbarmachung des atmosphärischen Stickstoffs. In: Zeitschrift für angewandte Chemie, Leipzig **16** (1903), S. 520 ff.

[7] *Caro, N.:* Industrien des Kalkstickstoffs und verwandter Verfahren. Vortrag, gehalten auf dem VII. Internationalen Kongreß für angewandte Chemie in London. 27. 5.—2. 6. 1909. In: Zeitschrift für angewandte Chemie, Leipzig **22** (1909), S. 1178 ff.

[8] *Janke, F.:* Geschichte, Technik und Wirtschaft des Kalkstickstoffs. In: Der Kalkstickstoff in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft. Hrsg. von H. Grossmann. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge. NF B. 6. Stuttgart 1931.

Alwin Mittasch (1869 bis 1953)

Neben der Entwicklung des Kalkstickstoff-Verfahrens durch *Adolph Frank* (1834 bis 1916) und *Nikodem Caro* (1871 bis 1935) war es den Norwegern *Kristian Olaf Bernhard Birkeland* (1867 bis 1917) und *Samuel Eyde* (1866 bis 1940) um die Jahrhundertwende gelungen, im elektrischen Lichtbogen die Vereinigung von Stickstoff und Sauerstoff zu erreichen und dieses Verfahren großtechnisch zu realisieren. In Deutschland arbeitete damals auch *Carl Bosch* (1874 bis 1940) bei der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik (BASF) am Lichtbogen-Verfahren, und 1908 wurde die von

Alwin. Mittasch

Wilhelm Ostwald (1850 bis 1932) entdeckte katalytische Ammoniakoxydation in die Produktion überführt.

Das Stickstoffproblem, das darin bestand, zum einen durch den größeren Einsatz von Stickstoffdüngemitteln in der Landwirtschaft den Bedarf an Nahrungsmitteln der ständig wachsenden Bevölkerung langfristig decken zu helfen, zum anderen jedoch den Stickstoffbedarf für die Sprengstoff- und Munitionsproduktion zu Kriegszwecken zu sichern, war aber auch mit den genannten Verfahren noch nicht befriedigend gelöst. Einerseits war der Energie- und Kostenaufwand noch sehr hoch, andererseits reichte das Produktionsvolumen bei weitem noch nicht aus, um den tatsächlichen Bedarf an Stickstoffverbindungen zu decken, Deutschland mußte beispielsweise noch 1913 über die Hälfte seines Bedarfs importieren. So wurde weiterhin nach neuen Lösungen gesucht.

Ostwalds unablässige wissenschaftliche Propagierung der möglichen Bedeutung des Katalysephänomens, seine eigenen Patentanmeldungen vom November 1901 und die in der BASF selbst durchgeführten Arbeiten mit Katalysatoren zur Phthalsäuregewinnung und zur Kontaktschwefelsäureproduktion verwiesen auf die Möglichkeit, auch beim Gewinnen von Stickstoffverbindungen den hohen Bedarf an elektrischer Energie und die hohen Temperaturen durch den Einsatz von Katalysatoren wesentlich zu verringern.

Unabhängig voneinander hatten die Physikochemiker *Fritz Haber* (1868 bis 1934) in Karlsruhe und *Walther Hermann Nernst* (1864 bis 1941) in Berlin die physikalisch-chemischen Bedingungen des Ammoniakgleichgewichts untersucht und kamen aufgrund thermodynamischer Überlegungen zu der Überzeugung, daß die bis dahin für unmöglich gehaltene Synthese des Ammoniaks aus den Elementen prinzipiell doch möglich ist. Während sich *Nernst* mit der theoretischen Bearbeitung dieses Problems begnügte, griff *Haber* dessen Anregungen auf und entwickelte ein Kreislaufverfahren, bei dem der unter hohem Druck und hoher Temperatur gebildete Ammoniak dem Kreislauf entzogen und das Restgas, ergänzt durch Frischgas, dem Kreislauf wieder zugeführt wurde. Sowohl *Nernst* als auch *Haber* hatten bei ihren Laboruntersuchungen Platin (*Nernst*) bzw. Eisen (*Haber*) als Katalysatoren ein-

gesetzt, die aber nicht dazu beitrugen, bei ökonomisch vertretbaren Reaktionszeiten zu befriedigenden Ammoniakausbeuten zu gelangen. Es galt also, weiter nach Katalysatoren zu suchen, die die Reaktionsgeschwindigkeit beim Einstellen des Ammoniakgleichgewichts beschleunigen und dabei zu befriedigenden Ausbeuten führten. *Haber* hatte schließlich in den Metallen Osmium und Uran geeignete Katalysatoren gefunden. Das darauf 1908 eingereichte Patent sicherte sich sofort die BASF, die *Haber* selbst über sein Verfahren und die damit erzielten Ergebnisse informiert hatte. Am 2. Juli 1909 führte *Haber* sein Verfahren mit der Laborapparatur den Vertretern der BASF, *Carl Bosch* und *Alwin Mittasch*, vor.

Alwin Mittasch wurde am 27. Dezember 1869 in dem kleinen sorbischen Dorf Großdehsa unweit von Löbau in der Oberlausitz als das vierte von sechs Kindern eines Dorfschullehrers geboren. Die finanziellen Mittel der Eltern reichten nicht aus, um dem begabten *Alwin* den Besuch des Gymnasiums zu ermöglichen. So besuchte er das Landstädtische Lehrerseminar in Bautzen. Nach sechsjährigem Studium wurde er, nun schon 19jährig, Hilfslehrer in dem kleinen Dorf Klix bei Guttau an der Spree (nördlich von Bautzen).

Mittasch hatte sich auf die „Wahlfähigkeitsprüfung" vorbereitet, durch die er das Recht erhielt, sich um eine offene Stellung zu bewerben, und sein älterer Bruder, der Lehrer in Leipzig war, bewog ihn dazu, ebenfalls nach Leipzig zu kommen. *Mittasch* war nun von 1892 bis 1896 Lehrer an der Bezirksschule von Leipzig-Kleinzschocher. Er unterrichtete hier überwiegend Arbeiterkinder, die neben der Schule meistens schon mitarbeiteten und ihren Beitrag zum Unterhalt der Familie leisten mußten und deswegen oft schwächlich, zerstreut und nervös waren. Die sich daraus ergebenden Disziplinschwierigkeiten und der Widerwille gegen den damals pflichtgemäß zu vermittelnden Lehrstoff ließen *Mittasch* in philosophischer Lektüre *Immanuel Kants* (1724 bis 1804), *Sören Aabye Kiekegaards* (1813 bis 1855) u. a., dem abendlichen Besuch von Gewandhaus- und Kammermusikkonzerten, sowie in Vorlesungen über Geschichte bei *Berthold Maurenbrecher* (1868 bis 1892) und *Karl Lamprecht* (1856 bis 1915), Psychologie und neuere Philosophie bei *Wilhelm Wundt* (1832 bis 1920) an der Universität eine Art Gegengewicht zu der Last des Unterrichts suchen.

Im Sommersemester 1894 gehörte zu seinem Vorlesungsprogramm auch *Wilhelm Ostwalds* öffentliches Kolleg über Energetik. [vgl. 1; S. 198ff. und 2; S. 192ff.] Dieses Philosophie-Kolleg des bekannten Physikochemikers fesselte *Mittasch*, führte ihm zugleich aber die Lückenhaftigkeit seiner naturwissenschaftlichen Kenntnisse eindringlich vor Augen, und er entschloß sich, diesen Nachholebedarf wettzumachen und Naturwissenschaften zu studieren, zunächst mit dem Ziel, als Mittelschullehrer auch naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere Chemie und Physik, erteilen zu können. Er ließ sich im Sommer 1896 als Stud. paed. an der Leipziger Universität immatrikulieren. Unter heute nur schwer vorstellbaren Bedingungen absolvierte *Mittasch* neben seinem Lehrerberuf ein Arbeitspensum, das weit über das normale Maß eines Pädagogik-Studenten hinausging, ihn im Sommer 1899 zum praktischen und theoretischen Bestehen des neugeschaffenen Verbandsexamens als Chemiker und am 19. Dezember 1901 zur mit „summa cum laude" bestandenen Promotion führte. Seine Lehrer an der Universität, vor allem *W. Ostwald*, *Julius Eugen Wagner* (1857 bis 1924) und *Max Bodenstein* (1871 bis 1942)

hatten *Mittasch* mit viel Verständnis unterstützt. Die Pädagogik und Philosophie traten immer mehr in den Hintergrund seines Interesses.

Mittasch hat „Zur chemischen Dynamik des Nickel-Kohlenoxyds" (Nickelcarbonyl) promoviert. Die Erforschung der dabei im Mittelpunkt stehenden Katalyse-Erscheinungen erschloß ihm ein wissenschaftliches Neuland, das er als Chemiker nie wieder verließ.

Erst nach der Promotion quittierte *Mittasch* den Schuldienst und wurde 1902 Assistent bei *Ostwald*. Dieser schlug ihm eine akademische Laufbahn vor. Dazu hätte er allerdings auch noch die Reifeprüfung nachholen müssen. Auch für die Mittelschullehrer-Laufbahn fehlte *Mittasch* noch das Staatsexamen. Da er sich nach den arbeitsreichen Jahren weder zu dem einen noch zu dem anderen gesundheitlich in der Lage fühlte, arbeitete er ab Juli 1903 im analytischen Laboratorium der AG für Blei- und Zinkfabrikation in Stolberg. Bereits am 1. März 1904 trat *Mittasch*, einer Empfehlung seines Lehrers *Bodenstein* folgend, in die BASF ein, die einen Chemiker suchte, der schon Erfahrungen auf dem Gebiet der Reaktionsgeschwindigkeit und der Katalyse besaß. Unter *Carl Boschs* Leitung wurde *Mittasch* bei der Bearbeitung der eingangs erwähnten Versuche zur Stickstoff-Bindung hinzugezogen. Als die BASF 1909 *Habers* Verfahren zur Ammoniak-Synthese übernahm, bekam er den Auftrag, nach billigeren als den von *Haber* benutzten, seltenen und teuren Osmium- bzw. Uran-Katalysatoren zu suchen. Von vornherein stellte *Mittasch* das Eisen in den Vordergrund, mit dem er schon bei früheren Versuchen eine spurenweise Bildung von Ammoniak aus seinen Elementen beobachtet hatte. Er nahm an, daß die katalytische Wirkung des Eisens bei der Ammoniakbildung auf eine intermediäre Stickstoffbindung und anschließende -weitergabe durch das Eisen an den Kohlenstoff zurückzuführen sei. Die Wirkung dieses Eisenkatalysators, schloß er weiter, läßt sich möglicherweise durch bestimmte Zusätze noch erhöhen, ähnlich wie bei früheren Versuchen gewisse Fremdstoffe die Stickstoffbindung an Titan, Silicium und Aluminium gefördert hatten. Diese Erwägungen waren mit nicht weniger als 20 000 (!) Versuchen gekoppelt, in denen Tausende von Varianten eines solchen Mehrstoffkatalysators unter Hochdruck (110 at) in elektrisch geheizten Öfchen mit einem genau eingestellten Gasgemisch in den Jahren 1909 bis 1911 systematisch durchprobiert wurden. Rückschläge und Enttäuschungen blieben dabei nicht aus. Am Ende der Untersuchungen stand dafür aber nicht nur der von *Mittasch* gesuchte Katalysator aus einer Kombination von Eisen, Tonerde und Alkali, der heute noch bei einer riesigen Fabrikation in aller Welt *der* Ammoniakkatalysator ist, sondern auch zahlreiche und nicht weniger wertvolle theoretische Erkenntnisse über den Mechanismus und die Wirkungsweise von Katalysatoren und Katalysatorgiften überhaupt. Mit der erfolgreichen Lösung des Katalysatorproblems war durch *Mittasch* und seine Mitarbeiter eine der drei Grundvoraussetzungen für die großtechnische Realisierung der Ammoniaksynthese erfüllt worden. Auch die zweite Grundvoraussetzung — Entwicklung eines geeigneten Reaktionsbehälters, der einen kontinuierlichen Hochdruckbetrieb erlaubte und dabei von den Synthesegasen, insbesondere vom aggressiven Wasserstoff, nicht angegriffen und zerstört wurde — war von *Bosch* und seinen Mitarbeitern u. a. durch die Erfindung des Doppelmantelrohrs im Prinzip gelöst worden. Bei der Verwendung von einfachen Stahlbehältern löste der Wasserstoff den im Stahl carbidisch gebundenen

Kohlenstoff, der dem Stahl seine Festigkeit gibt, unter Methanbildung heraus und machte das Material dadurch spröde und brüchig. Deshalb wurde ein inneres, nicht druckfestes Rohr aus reinem Eisen, durch das der Wasserstoff bestenfalls in geringen Mengen hindurchdiffundierte, aber das Eisen nicht angriff, von einem zweiten, druckfesten Stahlrohr ummantelt. Die dritte Grundvoraussetzung bestand in der Bereitstellung ausreichender Mengen Synthesegas, das in anderen Betriebsteilen der BASF als Nebenprodukt anfiel bzw. später mittels eines eigens entwickelten Kontaktverfahrens hergestellt wurde. Im Januar 1911 wurden schließlich in einer kleinen Versuchsfabrikation täglich 25 kg synthetischen Ammoniaks produziert. Bis zum Juli konnte die Leistung auf täglich 100 kg NH_3 gesteigert werden, und am 5. Februar 1912 wurden erstmals über 1 000 kg hergestellt.

Nun setzte ein erbitterter Konkurrenzkampf gegen das Kalkstickstoff-Verfahren von *Frank* und *Caro* ein. Schon Ende April 1911 war die Direktion der BASF von der technischen Durchführbarkeit und vor allem der Profitträchtigkeit des Hochdruckverfahrens für die Ammoniaksynthese überzeugt und hatte den Bau einer großen Ammoniakfabrik in Oppau mit einer geplanten Kapazität von täglich 30 t NH_3 beschlossen. Am 9. September 1913 wurde in Oppau der Betrieb aufgenommen, am 24. Oktober überschritt die tägliche Produktion die 10 000-kg-Grenze, und schon 1914 wurde ein Erweiterungsbau in Angriff genommen. Nachdem die deutschen Militaristen bei den Kriegsvorbereitungen die Möglichkeiten der chemischen Industrie ungenügend beachtet hatten, dann zunächst vorzugsweise die ältere Technik des Kalkstickstoff-Verfahrens unterstützt hatten, konnte die Unternehmensleitung der BASF, vor allem durch den persönlichen Einsatz von *Bosch*, die deutsche Reichsregierung und den Generalstab von der Bedeutung der Ammoniaksynthese überzeugen. Am 28. April 1916 erhielt die BASF einen staatlichen 54-Mill.-Mark-Kredit und dazu noch ein 12-Mill.-Mark-Geschenk, als sog. „verlorenen Zuschuß", um binnen Jahresfrist in Leuna eine Ammoniaksyntheseanlage mit 36 000 t NH_3 Jahresproduktion für die sofortige Sprengstoffherstellung zu errichten. Noch am 1. Dezember 1916 wurde die Gesamtfinanzierung zu einem 180-Mill.-Mark-Zuschuß der deutschen Reichsregierung umgewandelt, verbunden mit der Verpflichtung der BASF, die Jahresleistung um 100 000 t auf insgesamt 130 000 t Ammoniak zu erhöhen. [4; S. 81 ff.] Am 27. April 1917 wurde in Leuna das erste Ammoniak produziert, und von nun an beherrschte die BASF, später der IG-Farben-Konzern, den deutschen Stickstoffmarkt.

Nachdem zwischen dem 1. und 2. Weltkrieg der geringere Stickstoffbedarf für friedliche Zwecke eine weitere so ungehemmte Entwicklung verhinderte, steigerte der IG-Farben-Konzern mit der wirtschaftlichen Vorbereitung des 2. Weltkrieges die Stickstoffproduktion derartig, daß sie 1939/40 mit 1 Mill. t fast ein Drittel der Weltproduktion betrug. [5; S. 823] Aber auch dies konnte die Niederlage des deutschen Imperialismus nicht verhindern. *Mittasch* stand dieser Entwicklung ablehnend, aber hilflos und resignierend gegenüber. Einer seiner jüngeren Mitarbeiter, *Alfred von Nagel* (geb. 1903), erinnerte sich 1958, daß *Mittasch* angesichts der Kriegsfolgen die Frage aufgeworfen habe, ob es nicht besser gewesen wäre, wenn er bei der Katalysatorsuche keinen Erfolg gehabt hätte. [6; S. 154] Wie viele Wissenschaftler seiner Generation vermochte auch er nicht, die wahren Ursachen dieser Entwicklung zu erkennen.

Mittasch, der 1919 Prokurist und 1921 stellvertretender Direktor bei der BASF geworden war, leitete seit Ende 1917 das „Ammoniak-Laboratorium" der BASF. Dieses Laboratorium hatte sich unter seiner Führung innerhalb von 10 Jahren zum größten Forschungslaboratorium der chemischen Industrie in der Welt entwickelt. 1927 waren hier 160 Akademiker und mehr als 1000 Mitarbeiter beschäftigt. Die von ihnen ausgeführten Forschungsarbeiten zeigten immer mehr eine Tendenz, die vom Ammoniak weg, hin zum Kohlenstoff bzw. zu Kohlenwasserstoffverbindungen führte. Einer der ersten Erfolge dieses Laboratoriums war die Methanol-Synthese, die auf gemeinsame Arbeiten von *Mittasch* und *Christian Schneider* (1887 bis 1972) aus dem Jahre 1913 zurückging und 10 Jahre später von *Matthias Pier* (1882 bis 1965) und seinen Mitarbeitern als katalytische Hochdruckhydrierung von Kohlenmonoxid zum chemisch-technischen Verfahren entwickelt worden war.

Mittasch selbst verstand es, sämtliche Forschungsarbeiten seines Laboratoriums zu verfolgen, neue Arbeiten anzuregen und ihre Resultate in ausgezeichneten Zusammenfassungen zu einer theoretischen Synthese zu führen.

Ein tragischer Unglücksfall in der Familie — sein ältester Sohn verunglückte tödlich beim Bergsteigen — hat *A. Mittasch* schwer getroffen und ihn veranlaßt, 1933 vorzeitig in den „Ruhestand" zu treten. Nun widmete er sich der Katalyse als historischem und philosophischem Gegenstand, nachdem er sie bisher vor allem als chemisches und technisches Problem gesehen hatte. *Mittasch* beschäftigte sich jetzt auch zunehmend mit allgemein-philosophischen Fragen, wie der Kausalität, dem Verhältnis von Zufall und Notwendigkeit, von Möglichkeit und Wirklichkeit — dem Determinismus überhaupt — und später mit Problemen der Erkenntnistheorie und Ethik. Die anfangs dabei vertretene Position eines naturwissenschaftlichen Materialisten wich zunehmend idealistischen Anschauungen. Das trifft besonders für seine postulierte Existenz prinzipieller Erkenntnisschranken für die Deutung des Lebens zu. Philosophische Vorbilder waren für ihn *Arthur Schopenhauer* (1788 bis 1860), *Friedrich Nietzsche* (1844 bis 1900), aber auch *W. Wundt*, *Julius Robert Mayer* (1814 bis 1878) und *Hans Driesch* (1867 bis 1941). In seinen Ansichten findet sich durchaus modernes materialistisches Gedankengut, insbesondere bei der Behandlung des Kausalitätsgesetzes. [vgl. 7]

Am 4. Juni 1953 verstarb *Alwin Mittasch* in Heidelberg. Zu Recht hat er in seinem Leben vielfältige Ehrungen erfahren. Mit unglaublicher Energie, Zielstrebigkeit und unerschütterlichem Arbeitswillen hatte er sich vom Hilfslehrer an einer Dorfschule zu einem der führendsten Theoretiker und Praktiker der Katalyse entwickelt, der mit seinen Arbeiten maßgeblich dazu beitrug, daß mit der katalytischen Hochdrucksynthese ein neuartiges chemisch-technologisches Prinzip in die chemische Industrie eingeführt werden konnte.

Lebensdaten zu Alwin Mittasch

1869	Am 27. Dezember in Großdehsa, Kreis Löbau, geboren
1882 bis 1888	Besuch des Lehrerseminars in Bautzen
1888 bis 1892	Landschullehrer in den Dörfern Klix und Commerau
1892 bis 1896	Lehrer an der Bezirksschule Leipzig-Kleinzschocher. Gleichzeitiger Besuch von Vorlesungen an der Universität Leipzig

1896 bis 1901	Studium der Pädagogik, vor allem aber der Chemie an der Universität Leipzig
1899	Verbandsexamen als Chemiker
1901	Promotion zum Dr. phil.
1902/03	Assistent bei *W. Ostwald* und Aufgabe der Lehrertätigkeit
1904 bis 1933	Chemiker und Leiter des Hauptlaboratoriums der BASF
1909 bis 1913	Arbeiten an der großtechnischen Realisierung des *Haber-Bosch*-Verfahrens zur Ammoniak-Synthese aus den Elementen
1953	*Alwin Mittasch* stirbt am 4. Juni in Heidelberg

Literaturverzeichnis zu Alwin Mittasch

[1] *Fuchs, G.:* Wilhelm Friedrich Ostwald. In: Biographien bedeutender Chemiker. Hrsg. von K. Heinig. 4. erg. u. bearb. Aufl., Berlin 1977, S. 198ff.

[2] *Rodnyj, N. J., J. I. Solowjew:* Wilhelm Ostwald. Leipzig 1977. (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 30).

[3] *Holdermann, K.:* Alwin Mittasch. 1869—1953. In: Chemische Berichte, Weinheim/Bergstraße 90 (1957) 12, S. XLIff.

[4] *Stein, E.:* Salpeter für Ludendorf und die IG. Hrsg. vom Institut für Marxismus-Leninismus an der TH für Chemie Leuna-Merseburg. Als Manuskript gedruckt. Merseburg 1963.

[5] *Timm, B.:* 50 Jahre Ammoniak-Synthese. Vortrag, geh. a. d. Hauptversammlung der Gesellschaft Deutscher Chemiker, 9. 9.—14. 9. 1963 in Heidelberg. In: Chemie-Ingenieur-Technik, Weinheim/Bergstraße 35 (1963) 12, S. 817ff.

[6] *Nagel, A. v.:* Alwin Mittasch. In: Ludwigshafener Chemiker. Hrsg. von K. Oberdorffer. Düsseldorf 1958, S. 137ff.

[7] *Niedersen, U.:* Zur Bereicherung der Kategorien Kausalität, Bedingung und Wechselwirkung durch ein Spezialgebiet der Chemie-Katalyse. Eine philosophisch-historische Abhandlung über die Katalyse-Auffassungen einiger bedeutender Chemiker. Diss. (A), Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin 1978.

Friedrich Bergius (1884 bis 1949) und Matthias Pier (1882 bis 1965)

Nach dem ersten Weltkrieg begann sich die deutsche chemische Industrie zunehmend auch für die großtechnische Synthese kettenförmiger Kohlenwasserstoffverbindungen zu interessieren. Während des Krieges hatte sich herausgestellt, daß ein motorisiertes Heer eine höhere militärische Schlagkraft besitzt. In Deutschland waren aber noch keine industriell verwertbaren Erdölquellen erschlossen worden.
Es stand die Aufgabe, aus möglichst billigen einheimischen Rohstoffen qualitativ hochwertige Produkte herzustellen — diesmal kettenförmige Kohlenwasserstoffe für die Erzeugung von Kraftstoff, synthetischen Schmierölen, Fetten, Wachsen und später für die Herstellung einer Vielzahl weiterer organisch-chemischer Produkte, wie z. B. Spezialbenzinen, Lösungs- und Weichmachungsmitteln, Kunststoffen, synthetischen Waschmitteln und Seifen, Textilhilfsmitteln usw. Ebenso wie beim Kalkstickstoff-Verfahren und der Ammoniak-Synthese wurde die wissenschaftlich-technische Entwicklung auf diesem Gebiet wieder durch die Kriegsabsichten des

Friedrich Bergius

deutschen Imperialismus erheblich stimuliert. Die chemische Forschung und Industrie wurde vom deutschen Faschismus nach 1933 systematisch in die von ihm forcierte Rüstungspolitik und Kriegsvorbereitung einbezogen. Erst durch den zweiten Weltkrieg wurde das Verfahren der Kraftstoffproduktion durch die katalytische Hochdruckhydrierung der Kohle und des Teers — das *Bergius-Pier*-Verfahren — zu einer der größten Profitquellen des IG-Farben-Konzerns. Der größte Teil des Kraftstoffbedarfs der faschistischen Wehrmacht wurde auf diesem Wege gedeckt.

Bereits 1913 hatte *Friedrich Bergius*, damals Privatdozent für reine und angewandte physikalische Chemie an der TH Hannover, ein Verfahren zur Herstellung kettenförmiger Kohlenwasserstoffe durch Hydrierung von Kohle unter Druck entwickelt und zum Patent angemeldet (DRP Nr. 301 231 (1913) — *F. Bergius*). Von anderer Seite hatte *Franz Fischer* (1877 bis 1947) 1912 mit systematischen Untersuchungen über die Hydrierung von westfälischer Steinkohle begonnen, und 1913 hatten *Alwin Mittasch* (1869 bis 1953) und *Christian Schneider* (1887 bis 1972) bei der BASF, im Anschluß an erfolgreiche Laborversuche von *Paul Sabatier* (1854 bis 1941) und *Jean Baptiste Senderens* (1856 bis 1937) zur katalytischen Erzeugung von Methan und Wasser aus Kohlenmonoxyd und Wasserstoff, bei der katalytischen Hydrierung des Kohlenmonoxyds neben Wasser und anderen organischen Verbindungen, ein Gemisch von verschiedenen gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen erhalten. Schließlich hatte *Emil Fischer* (1852 bis 1919) in einem im Juli 1912 über die Aufgaben des neu zu gründenden Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung gehaltenen Vortrag ausgeführt: Die „Vermehrung des inneren Wertes der Kohle sollte die Losung hier im Bezirk (Ruhrgebiet — d. Verf.) sein." Und als einen „Weg, der zu diesem Ziele führt, könnte man versuchen, die Verkokung in einer Atmosphäre von Wasserstoff, der neuerdings ein billiges Material geworden ist, vorzunehmen ... Wie schön wäre es nun, wenn man aus den festen Brennmaterialien durch einen passenden Reduktionsprozeß auf ökonomische Weise flüssige Brennstoffe herstellen könnte! Mir scheint hier ein fundamentales Problem der Heizstoffindustrie vorzuliegen, zu dessen Lösung alle Hilfsmittel der modernen

Wissenschaft und Technik in Bewegung gesetzt und alle Möglichkeiten durchprobiert werden sollten." [1; S. 31.]

So waren schon sehr früh die wissenschaftlichen und wissenschaftspolitischen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bearbeitung des Problems gegeben. Dennoch dauerte es noch bis 1927, ehe das katalytische Kohlehydrierungsverfahren nach *Bergius* und *Pier* im IG-Farben-Konzern großtechnisch durchgeführt werden konnte. Die *Fischer-Tropsch*-Synthese, d. h., das Kogasin-Verfahren (der Name stammt aus den Worten Koks und Gas) konnte sogar erst gegen Ende des Jahres 1935 bei der Ruhrchemie AG in den Großbetrieb übertragen werden, nachdem *F. Fischer* und *Hans Tropsch* (1889 bis 1935) 1925 das erste Patent für ihr Verfahren erteilt worden war. [vgl. 2; S. 64 ff. und 3; S. 293 ff.] Beide Verfahren unterschieden sich wesentlich voneinander. Während bei der *Fischer-Tropsch*-Synthese durch katalytische Normal- bzw. Mitteldruckhydrierung von Kohlenmonoxyd bei 250 °C komplizierte Kohlenwasserstoff-Moleküle aus einfachsten Bausteinen aufgebaut werden, wird beim *Bergius-Pier*-Verfahren durch katalytische Hochdruckhydrierung von Kohle oder Kohleteer bei 400 bis 500 °C und bis 700 bar die Kohle mit Wasserstoff in zwei Stufen weitgehend zu flüssigen Kohlenwasserstoffen abgebaut, weshalb man dabei auch von der Kohleverflüssigung spricht. Auch die Zusammensetzung der Endprodukte beider Verfahren ist unterschiedlich.

Friedrich Bergius wurde am 11. Oktober 1884 in Goldschmieden bei Breslau geboren. Sein Vater besaß dort eine chemische Fabrik, in der südfranzösisches Bauxit zu reiner Tonerde für die Aluminiumherstellung aufbereitet wurde. Nach dem Besuch des Realgymnasiums war er als Volontär im Laboratorium der „Friedrich-Wilhelmshütte" in Mülheim an der Ruhr tätig und studierte anschließend an den Universitäten von Breslau und Leipzig bei *Albert Ladenburg* (1842 bis 1911), *Richard Wilhelm Heinrich Abegg* (1869 bis 1910) und *Walter Herz* (1875 bis 1930) Chemie und chemische Technologie. 1907 promovierte er in Leipzig bei *Arthur Hantzsch* (1857 bis 1935) „Über absolute Schwefelsäure als Lösungsmittel" zum Dr. phil. Im gleichen Jahr wurde er Assistent bei *Abegg*, war dann zwei Semester lang Assistent bei *Walther Nernst* (1864 bis 1941) in Berlin, anschließend bei *Fritz Haber* (1868 bis 1934) in Karlsruhe und schließlich 1910 bei *Ernst August Bodenstein* (1871 bis 1942) in Hannover. An der TH Hannover wirkten damals so bekannte Professoren wie *Friedrich Hermann Theodor Ost* (1852 bis 1931) (chemische Technologie), *Karl Friedrich Otto Seubert* (1851 bis 1942) (Anorganische und analytische Chemie) und *Anton Friedrich Robert Behrend* (1856 bis 1926) (organische und physikalische Chemie). Bei *Nernst* und insbesondere bei *Haber* hatte *Bergius* die physikalisch-chemischen Arbeiten zur Ammoniak-Synthese unter hohen Drucken kennengelernt und eigene hochdrucktechnische Experimente ausgeführt. Diese Versuche setzte er in Hannover bei der Untersuchung des Kohlebildungsprozesses fort und habilitierte sich 1913 mit einer Arbeit über „Die Anwendung hoher Drucke bei chemischen Vorgängen und eine Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle". Diese Arbeit steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem im gleichen Jahr von *Bergius* entwickelten Prinzip der Kohleverflüssigung durch Hydrierung unter hohem Druck. Die theoretischen Überlegungen, die er an seine physikalisch-chemischen Untersuchungen knüpfte, und die weitgreifende Behandlung der Kohleprobleme führten *Bergius* zu dem Schluß, daß das von den

Matthias Pier

Reaktionsbedingungen stark abhängige Hydrierungs-Dehydrierungs-Gleichgewicht der Kohle sich unter sehr hohem Wasserstoffdruck zu den wasserstoffreicheren Kohlenwasserstoffen vom Typ des Erdöls verschieben und damit eine „Kohleverflüssigung" möglich sein müßte. Um die notwendigen experimentellen Untersuchungen ausführen zu können, hatte er sich schon 1910 in Hannover ein Privatlaboratorium eingerichtet.

Trotz der im Laboratorium erzielten Erfolge, seiner Patentanmeldung und den eigenen Bemühungen, das Verfahren über den Labormaßstab hinaus zu entwickeln, wurden die Zukunftsaussichten des *Bergius*-Verfahrens von Chemikern, Technikern und Vertretern der Wirtschaft skeptisch beurteilt, zumal zu Beginn des ersten Weltkriegs der Treibstoffbedarf noch keineswegs dringend war und die technischen Probleme bei der Behandlung fester und flüssiger Stoffe unter Hochdruck, der Vielfalt der Reaktionsmöglichkeiten sowie der Vergiftung der Katalysatoren durch den Schwefelgehalt der Kohle wesentlich komplizierter waren als beispielsweise bei der Ammoniak-Synthese. *Carl Bosch* (1874 bis 1940) von der BASF lehnte das Verfahren deshalb auch noch 1923 ab — drei Jahre später kaufte er es für den IG-Farben-Konzern!

Bergius hatte sich aber nicht beirren lassen und inzwischen als Leiter des wissenschaftlichen Laboratoriums der *Th. Goldschmidt* AG in Essen mit einer Versuchsanlage in Mannheim-Rheinau einige tausend kleintechnische und auch wenige großtechnische Versuche durchgeführt, die den Nachweis für die Durchführbarkeit des Verfahrens in der chemischen Industrie erbrachten und alle entscheidenden Faktoren dieses schwierigen Prozesses aufklärten, jedoch ohne durchgreifenden wirtschaftlichen Erfolg blieben.

Das änderte sich, als man sich bei der BASF 1924 für die Kohlehydrierung zu interessieren begann. Dort war ja die Ammoniak-Synthese, die als katalytische Hochdruckhydrierung des Stickstoffs angesehen werden kann, entwickelt worden, und mit der Methanol-Synthese hatte *Matthias Pier* mit seinen Mitarbeitern bis 1923 ein zweites katalytisches Hochdruckhydrierverfahren entwickelt und in die Produktion übergeführt.

Matthias Pier wurde am 22. Juli 1882 in Nackenheim am Rhein geboren. Er besuchte das Realgymnasium und das humanistische Gymnasium im nahegelegenen Mainz. Seit 1902 studierte er Chemie und Physik an den Universitäten Heidelberg, Jena, München und Berlin. In Berlin hörte er Vorlesungen bei *Jacobus Henricus van't Hoff* (1852 bis 1911) und *W. Nernst* zu einer Zeit, als letzterer gerade den 3. Hauptsatz der Thermodynamik — das *Nernst*sche Wärmetheorem — aufstellte. Beeindruckt von den großen wissenschaftlichen Leistungen dieser Gelehrten, beschloß *Pier*, sich ganz der physikalischen Chemie zu widmen, und promovierte 1907 bei *Nernst* über die „Spezifische Wärme und Dissoziationsverhältnisse von Chlor". Zunächst blieb er als Assistent bei *Nernst* und beschäftigte sich bei der Untersuchung von Gasgleichgewichten unter hohem Druck u. a. mit dem System Kohlenmonoxid — Wasserstoff. Diese Arbeiten waren für ihn richtungweisend und fanden ihre direkte Fortsetzung in der von ihm bei der BASF entwickelten Methanol-Synthese. Bevor aber *Pier* 1920 in die BASF eintrat, war er von 1910 an in der „Centralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen GmbH" in Neubabelsberg, der Forschungsstätte der deutschen Sprengstoffindustrie, tätig und hatte sich dort mit der Ammoniak-Synthese, katalytischen Vorgängen und Hochdruckapparaturen beschäftigt. So war er schon mit den chemischen und technischen Problemen der Hochdruckhydrierung vertraut, als er in einer Zinkoxid-Chromiumoxid-Mischung den geeigneten Katalysator für die Synthese des Methanols fand, der es gestattete, die bei der Ammoniak-Synthese bewährten Drücke von 200 at (statt 1 000 at) anzuwenden und damit auch die gesamte Konstruktion der Ammoniaksyntheseanlagen zu übernehmen. Innerhalb weniger Monate wurde 1923 die Methanol-Synthese in Leuna in die Produktion übergeführt. 1924 wurde *Pier* von der Leitung der BASF beauftragt, Untersuchungen auf dem Gebiet der Kohle- und Ölhydrierung auszuführen. Er untersuchte daraufhin das *Bergius*-Verfahren, das bis dahin ohne Katalysatoren arbeitete und nur mäßige Ausbeuten in unzureichender Qualität lieferte. *Pier* fand im Januar 1925, daß bei der Hochdruckhydrierung von Braunkohlenteer mit Molybdänoxid als Katalysator bei 450 °C und 200 at Druck hochwertiges Benzin in guter Ausbeute entsteht. In der Folge lag der Schwerpunkt auf der Entwicklung giftfester Katalysatoren und einer geeigneten Technologie für die großtechnische Realisierung. Beim ersten Punkt war *Piers* Beobachtung, daß die Kohlehydrierung auch in Anwesenheit von Schwefelverbindungen katalysiert wird, entscheidend und führte zu den druckgeschwefelten Hydrierkatalysatoren, wie z. B. Molybdän-, Wolfram-, oder Eisensulfiden. Das war für die Katalysetechnik bis dahin als unmöglich angesehen worden, denn Schwefelverbindungen galten als ausgesprochene Katalysatorgifte.

Die technologische Forschung ergab ein vorteilhaftes Zweistufenverfahren. In der ersten Stufe, der Sumpfphase, wurde die Kohle mittels feinverteiltem Katalysator partiell hydriert, wobei vor allem Öle mittleren Siedebereichs entstanden, die in der anschließenden zweiten Stufe, der Gasphase, an fest angeordneten Katalysatoren zu klopffesten Kraftstoffen umgewandelt wurden.

Man verfügte nun über ein technologisch ausgereiftes Verfahren, mit dem über eine große Anzahl von spezifisch wirkenden giftfesten Katalysatoren und unter gleichzeitiger Ausnutzung von Temperatur- und Druckeinflüssen die Reaktion jedem Ausgangsmaterial angepaßt und in die jeweils gewünschte Richtung gelenkt werden

konnte. [vgl. 4; S. 603] Kraftstoff konnte nun mit einem Verfahren aus den unterschiedlichsten Sorten von Erdöl, Schieferöl, Braunkohle und Braunkohlenschwelteer, Erdölcrackrückständen, Steinkohle und Steinkohlehochtemperaturteer hergestellt werden. Damit war eine hervorragende wissenschaftliche und verfahrenstechnische Spitzenleistung erbracht worden, an deren Entwicklung im entscheidenden Stadium der Überführung in die Produktion im Jahre 1927 in Leuna und Ludwigshafen zeitweise 2000 Mitarbeiter tätig waren. Bis 1943 wurden unter *Piers* Anleitung und Kontrolle 12 Großfabrikationsanlagen in Deutschland gebaut, die 1944 rund 4 Mill. t Kraftstoff vor allem für die faschistische Wehrmacht erzeugten. Die erste Anlage hatte am 1. April 1927 in Leuna den Betrieb aufgenommen.

Nach der erneuten Niederlage des deutschen Imperialismus im zweiten Weltkrieg konnten erstmals in der Geschichte des deutschen Volkes auf dem Territorium der DDR die Werktätigen selbst über das *Bergius-Pier*-Verfahren und die Ammoniak-Synthese verfügen. Sie bauten die im Krieg schwer zerstörten Betriebe wieder auf. Heute ist der VEB Leuna-Werke „*Walter Ulbricht*" unser größter Produktionsbetrieb. [vgl. 5]

Auch nach den Arbeiten am Kohleverflüssigungsverfahren waren *F. Bergius* und *M. Pier* als Forscher auf dem Gebiet der chemischen Verfahrenstechnik aktiv. *Bergius* hatte schon vor der großtechnischen Realisierung seines Verfahrens eine neue Aufgabe, die Entwicklung eines Verfahrens zur Holzverzuckerung, in Angriff genommen. *Pier* war mit seinen Mitarbeitern maßgeblich an der Ausarbeitung einer ganzen Reihe von Folge-Verfahren zur Kohlehydrierung, wie z. B. Verfahren zur Erzeugung von Synthesegas, Ethylen und Ethin (Acetylen) aus Hydrierabgasen und der Entwicklung synthetischer Crackkatalysatoren beteiligt. Auch an der Entwicklung des sog. DHD-Verfahrens (Druck-H_2-Dehydrierung) für die Aromatisierung naphthenischer Benzinfraktionen zur Erhöhung der Oktanzahl der Benzine und zur Gewinnung reiner Aromaten waren er und seine Mitarbeiter beteiligt.

Beiden Forschern wurden hohe wissenschaftliche Ehren zuteil. *F. Bergius* wurde 1931 zusammen mit *C. Bosch* der Nobelpreis für ihre Verdienste um die Entwicklung der Hochdrucktechnik in der chemischen Industrie verliehen. Am 30. März 1949 starb er in Buenos Aires, nachdem er die letzten Lebensjahre als wissenschaftlicher Berater der Nationalen Brennstoff-Direktion der argentinischen Regierung tätig war. *Matthias Pier* lebte seit 1949 in Heidelberg im Ruhestand. Als er am 12. September 1965 dort starb, hinterließ er eine Schule von Hydrierfachleuten, die heute noch in aller Welt tätig sind.

In der jüngsten Vergangenheit hat angesichts der auf dem Weltmarkt enorm gestiegenen Erdölpreise das Interesse an den Verfahren zur Erzeugung hochwertiger Kohlenwasserstoffverbindungen aus Kohle, d. h. an der stoffwirtschaftlichen Nutzung der Kohle durch Veredelung, wieder zugenommen. *Matthias Piers* bleibendes Verdienst ist es, die Entwicklung dieses großen Zweiges der chemischen Industrie seit seinem Entstehen jahrzehntelang entscheidend mitgeprägt zu haben.

Obwohl in der DDR, d. h. in den Leuna-Werken, die Kohlehydrierung 1959 eingestellt wurde, weil zu diesem Zeitpunkt die Erdölverarbeitung ökonomisch günstiger war und Anlageteile des Kohlehydrierungsverfahrens auch zur Hydrierung von Erdölprodukten verwendet werden konnten, wurden in jüngster Zeit an der

Akademie der Wissenschaften der DDR und in Betrieben der chemischen Industrie, ebenso wie in anderen Ländern, Arbeiten zur Kohleverflüssigung wieder aufgenommen. Dabei geht es vor allem darum, die Arbeitsweise des ursprünglichen Verfahrens zu vereinfachen und es durch das Senken der Temperatur- und Druckparameter energiegünstiger zu gestalten. [vgl. 6; 7]

Lebensdaten zu Friedrich Bergius

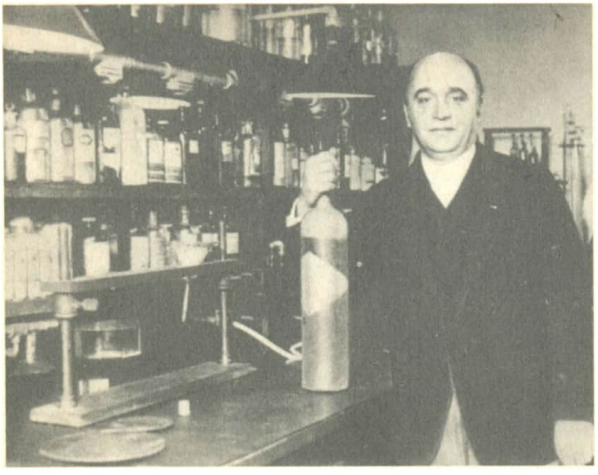
1884	Am 11. Oktober in Goldschmieden bei Breslau geboren
Bis 1907	Volontär im Laboratorium eines Hüttenbetriebes in Mülheim (Ruhr) und Studium der Chemie in Breslau und Leipzig
1907	Promotion zum Dr. phil.
1907 bis 1910	Assistent bei *R. Abegg*; bei *W. Nernst* in Berlin, bei *F. Haber* in Karlsruhe und bei *E. A. Bodenstein* in Hannover
1913	Habilitation, anschließend Privatdozent an der TH Hannover
1913	Patent über ein Verfahren zur Herstellung kettenförmiger Kohlenwasserstoffe durch Hydrierung von Kohle unter Druck
Ab 1925	Arbeiten an einem Verfahren zur Holzverzuckerung u. a. chemisch-verfahrenstechnische Arbeiten
1931	Gemeinsam mit *C. Bosch* Nobelpreis für Chemie
Nach 1945	Wissenschaftlicher Berater der Nationalen Brennstoff-Direktion der argentinischen Regierung
1949	*Friedrich Bergius* stirbt am 30. März in Buenos Aires

Lebensdaten zu Matthias Pier

1882	Am 22. Juli in Nackenheim (Rhein) geboren
1902 bis 1907	Studium der Chemie und Physik an den Universitäten Heidelberg, Jena, München und Berlin
1907	Promotion; anschließend Assistent bei *W. Nernst*
1910 bis 1920	Chemiker bei der „Centralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen GmbH" in Neubabelsberg
1920	Eintritt in die BASF; Entwicklung der Methanol-Synthese bis zur großtechnischen Reife (1923)
1924 bis 1927	Entwicklung des Verfahrens der katalytischen Kohlehydrierung nach *F. Bergius* zum großtechnischen Verfahren und Überführung in die Produktion
1927 bis 1949	Leitung und Kontrolle des Baus mehrerer Großanlagen für das *Bergius-Pier*-Verfahren im In- und Ausland
1949	Eintritt in den Ruhestand
1965	*Matthias Pier* stirbt am 12. September in Heidelberg

Literaturverzeichnis zu Friedrich Bergius und Matthias Pier

[1] *Friedmann, W.:* Die Verflüssigung der Kohle nach Fr. Bergius. Eine technologische, wirtschaftschemische Studie. Berlin 1928.



Bergius
in seinem Labor

[2] *Asinger, F.:* Chemie und Technologie der Paraffin-Kohlenwasserstoffe. Berlin 1956, S. 64 ff.

[3] *Heinig, K.:* Franz Fischer. Hans Tropsch. In: K. Heinig (Hrsg.): Biographien bedeutender Chemiker. 4. erg. u. bearb. Aufl., Berlin 1977, S. 293 ff.

[4] *Pier, M.:* Über Hydrierbenzine. Einfluß von Rohstoff, Katalysator und Arbeitsweise. In: Angewandte Chemie, Berlin **51** (1938) 36, S. 603 ff.

[5] Autorenkollektiv: Befreites Leuna (1945—1950), Berlin 1959.

[6] *Keil, G., E. Apelt:* Fossile Kohlenstoffträger in Gegenwart und Zukunft. In: Wissenschaft und Fortschritt, Berlin, **30** (1980) 5, S. 180 ff.

[7] *Keil, G., H. Klare, M. Pelagalli, H. Zobel:* Chemierohstoffe aus Kohle durch Kopplung stoff- und energiewirtschaftlicher Prozesse. In: Mitteilungsblatt der Chemischen Gesellschaft der DDR. Berlin, **27** (1980) 2, S. 25 ff.

Walter Reppe (1892 bis 1969)

Es ist eine alte Tradition in Wissenschaft und Technik, wichtige Erfindungen und Entdeckungen nach ihren Urhebern zu benennen. In der Chemie kennt man eine Fülle von Elementen, Verbindungen, Reaktionen und Verfahren, die auf diese Weise ihren Namen erhielten. Selten wurde aber ein ganzes wissenschaftlich-technisches Gebiet nach einem Wissenschaftler oder Techniker benannt. Daß heute ein großes Feld der Chemie des Acetylens als „Reppe-Chemie" bezeichnet wird, ist ein solcher Fall.

Das Acetylen (Ethin) hat, seit es 1836 von *Edmund Davy* (um 1785 bis 1857) entdeckt worden war, wegen seiner interessanten Eigenschaften die Phantasie vieler Forscher beschäftigt. Acetylen ist ein farbloses, sehr reaktionsfähiges Gas, das mit sehr heller und sehr heißer Flamme verbrennt und mit Luft bereits in sehr geringer Konzentration explosible Gemenge bildet. (Das Acetylen wird heute international als Ethin bezeichnet. Da aber mit dem Namen *Walter Reppes* die Acetylen-Chemie als Begriff eng verbunden ist, wurde hier diese Schreibweise beibehalten.) Nachdem *Friedrich Wöhler* (1800 bis 1882) bereits 1862 Acetylen erstmals aus Calciumcarbid

und Wasser dargestellt hatte, stellte *Franz Joseph Julius Wilbrand* (1811 bis 1894) 1865 die richtige Summenformel C_2H_2 fest. Schon ein Jahr später gelang *Pierre Eugène Marcellin Berthelot* (1827 bis 1907) die Umsetzung des Acetylens bei Rotglut zu Benzen (Benzol), dem wichtigen Grundstoff für die Teerfarbenindustrie. Da aber Calciumcarbid bis etwa zur Jahrhundertwende in größeren Mengen wirtschaftlich nicht produziert werden konnte, blieb auch die Erforschung des Acetylens bis dahin auf das Labor beschränkt. Mit der großtechnischen Erzeugung von Carbid wurden auch Untersuchungen zur chemisch-technischen Verwertung des Acetylens aufgenommen. So wurde beispielsweise 1903 in Nürnberg das „Consortium für elektrochemische Industrie GmbH" gegründet, das von der sog. „Wacker-" oder „ELH-Gruppe" (Elektro-Bosna/Österreich, Lonza AG/Schweiz und Carbidwerk Hafslund/Norwegen) finanziert wurde und als Industrieforschungsstätte grundlegende Verfahren zur industriellen Acetylenerzeugung und -weiterverarbeitung ausgearbeitet hat, die nach 1916 großtechnisch realisiert wurden. Bemerkenswert war die Fabrikation von Propanon (Aceton) – ab Januar 1917 –, das für die Herstellung von synthetischem Kautschuk, rauchlosem Pulver und Tränengas im ersten Weltkrieg dringend benötigt wurde. In den 20er Jahren wurden mit der Untersuchung der Additionsreaktionen mit Wasserstoff (Hydrierung) zu Ethen, Chlorwasserstoff (Hydrochlorierung) zu Vinylchlorid, Chlor (Chlorierung) zu Tri- und Tetrachlorethen, Wasser (Hydratisierung) zu Ethanal (Acetaldehyd) und Essigsäure zu Vinylacetat erste Schritte in Richtung Kunstharze und Kunststoffe gegangen.

In dieser Zeit begann man sich auch bei der BASF für das Acetylen zu interessieren, wo *Walter Reppe* die Lösungsmittel- und Kunststoffbetriebe innerhalb der Indigo-Abteilung leitete.

Walter Reppe wurde am 29. Juli 1892 in Göringen bei Eisenach in Thüringen geboren. Er studierte ab 1911 Naturwissenschaften und Chemie an den Universitäten Jena und München, mußte dieses Studium wegen des ersten Weltkrieges unterbrechen und promovierte 1920 bei *Kurt Heinrich Meyer* (1883 bis 1952) in München mit einer Arbeit „Über die Reduktionsstufen von Arylderivaten der Salpetersäure". Nach kurzzeitiger Assistententätigkeit bei seinem Lehrer wurde er 1921 Mitarbeiter im Hauptlaboratorium der BASF. Im Indigo-Labor bearbeitete *Reppe* ab 1923 neben Problemen der Farbstoffchemie die katalytische Dehydratisierung von Formamid zu Blausäure, die er zur technischen Reife entwickelte. 1924 wurde ihm die Leitung der Lösungsmittel- und Kunststoffbetriebe in der Indigo-Abteilung übertragen. Diese Tätigkeit übte er 10 Jahre lang aus, bevor er 1934 wieder ganz zur chemisch-technologischen Forschung zurückkehrte. 1937 wurde *Reppe* zum Prokuristen beim nunmehrigen IG-Farben-Konzern ernannt, 1938 bekam er die Leitung des Hauptlaboratoriums in Ludwigshafen übertragen, und 1939 wurde er Direktor des Ludwigshafener Werkes des IG-Farben-Konzerns.

1928 begann sich *Reppe* mit dem Acetylen zu beschäftigen, das bei der Butadien-Synthese zur Herstellung synthetischen Kautschuks, an der bei der BASF und bei der Firma Hoechst seit 1925 gearbeitet wurde, ein wichtiger Ausgangsstoff war. Das Acetylen schien wegen seiner Reaktionsfreudigkeit für chemische Synthesen prädestiniert, wurde aber, weil es aus dem gleichen Grunde zu Explosionen neigt, von der chemischen Industrie sehr zurückhaltend behandelt. Alle bis dahin durchgeführten großtechnischen Verfahren, die mit Acetylen arbeiteten, vermieden

deshalb hohe Drücke, zumal auch die geltenden gesetzlichen Bestimmungen das Arbeiten mit Acetylen bei mehr als 1,5 at strikt verboten. Das entsprach aber überhaupt nicht den allgemeinen verfahrenschemischen Erfahrungen und Traditionen der BASF. Es „ergab sich deshalb die Notwendigkeit", wie *Reppe* 1949 rückschauend berichtete, „mit allen überlieferten Anschauungen zu brechen und zunächst einmal den Acetylen-Zerfall unter Berücksichtigung der verschiedensten Versuchsbedingungen von Grund auf zu studieren und geeignete Sicherheitsmaßnahmen zu ermitteln, die ein gefahrloses Arbeiten auch im großtechnischen Maßstab ermöglichte." [1; S. 2] Die auftretenden Schwierigkeiten meisterte *Reppe*, indem er, vom Erfolg seines Unterfangens überzeugt und selbst das Dasein eines Chemikers mit dem eines Mönchs vergleichend, mit seinen Mitarbeitern hart und zielstrebig arbeitete. Oft waren dabei die alten, erfahrenen Laboranten, die seinen scheinbar „unsinnigen" Vorschlägen nicht widersprachen, seine gesuchten Partner. *Reppe* kümmerte sich selbst um viele apparative Einzelheiten. Er entwickelte dabei die sog. *Reppe*-Reagenzgläser — kleine V2A-Stahlbomben mit einfachem Schraubverschluß, die Hochdruck-Reagenzglasversuche ermöglichten. Am Ende dieser Forschungsarbeiten, die nur unter Anwendung der Erkenntnisse der modernen physikalischen Chemie zum Erfolg führten, standen eine große Anzahl grundsätzlich neuer Reaktionen des Acetylens, die auf verfahrenstechnisch elegantem Wege die Herstellung homologer Reihen von bislang nicht oder nur äußerst schwierig zugänglichen Verbindungen gestatteten.

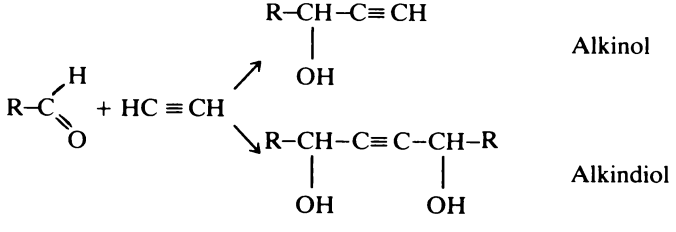
Die charakteristischsten Hauptmerkmale der im Zuge der Forschungsarbeiten von *Reppe* und seinen Mitarbeitern neu aufgefundenen, vielen Reaktionsmöglichkeiten waren: 1. das Arbeiten mit unter erhöhtem Druck stehendem Acetylen; 2. der Einsatz von Schwermetallacetylide (vor allem des Acetylenkupfers) als Katalysatoren und 3. die Verwendung der bis dahin als Katalysatorgifte gefürchteten Metallcarbonyle und -carbonylwasserstoffe als Katalysatoren. Auf dieser Grundlage wurden vier große Acetylen-Arbeitsgebiete entwickelt, die als *Reppe*-Chemie zusammengefaßt in die Geschichte der Chemie und chemischen Technik eingegangen sind und deren Kern folgende chemischen Hauptreaktionen bilden:

1. Die *Vinylierung* nach der Gleichung

$$R{-}XH + HC{\equiv}CH \rightarrow R{-}X{-}CH{=}CH_2$$

(wobei X ein Sauerstoffatom, Stickstoffatom oder Schwefelatom sein kann). Als Folgeprodukte aus diesem Reaktionstyp sind Polyvinylchlorid (PVC), Polystyren (Polystyrol), Polyacrylnitril (Wolpryla) und Polyacrylester als Beispiele zu nennen.

2. Die *Ethinylierung* nach dem Schema



Als Folgeprodukte aus diesem Reaktionstyp sind unter anderem Synthesekautschuk (BUNA), Polyamide (z. B. die Dederonfaser), Adipinsäure, Kunstharze, Lackrohstoffe und Pharmazeutika zu nennen.

3. Die *Carbonylierung*, bei der Acetylen mit Kohlenmonoxid und Wasser oder ähnlichen, reaktionsfähige Wasserstoffatome enthaltende Verbindungen zu den jeweiligen ungesättigten Carbonsäuren und deren funktionelle Derivate (Acrylate) reagiert. Die bekanntesten Folgeprodukte sind Allylalkohol, Glycerol und Hydrochinon.

4. Die *Cyclisierung bzw. cyclisierende Polymerisation*, wobei in Gegenwart spezieller Katalysatoren Acetylen zu Benzen, Styren und Cyclooctatetraen, d. h. zu Cyclopolyolefinen der Formel $C_{2n}H_{2n}$ ($n \geqq 3$), polymerisiert wird. Die Bedeutung der Cyclisierungsprodukte konnte von *Reppe* zu Beginn der 50er Jahre nur ahnungsvoll abgeschätzt werden. [2; S. 58] Sie sind auch heute noch Gegenstand intensiver Forschungsarbeit.

Die vier Hauptreaktionstypen der *Reppe*-Synthesen führen zu einer Vielzahl von Produkten, die meist selbst wieder Ausgangsstoffe für weitere Verfahren waren und eine noch größere Palette von chemischen Erzeugnissen ergaben. Einige dieser Erzeugnisse sind genannt worden. Sie finden Verwendung als Lacke, Klebstoffe, Spritzgußmassen, Schaumstoffe, Textilfasern, Lösungsmittel, Pharmazeutika.

Vorübergehend war die Bedeutung des Acetylens im Weltmaßstab rückläufig, da zeitweilig die meisten der aus ihm erzeugten Produkte aus petrolchemisch, d. h. aus Erdöl erzeugtem Ethylen kostengünstiger hergestellt werden konnten. Angesichts des ständig steigenden Ethylen-Bedarfs (in den RGW-Ländern ist ein Produktionszuwachs von etwa 3 Mio t auf etwa 20 Mio t Ethylen im Jahre 1990 geplant), dem aber wachsende Erdölpreise auf dem Weltmarkt gegenüberstehen, hat man sich in den letzten Jahren verstärkt der Frage zugewandt, wie man durch Pyrolysen (d. h. durch Erhitzen bewirkte Zersetzungen chemischer Verbindungen) und Hochtemperaturpyrolysen ($t = 2000$ K) von niederen Alkanen aus Kohlenwasserstoffverbindungen höher siedender Erdölfraktionen und Kohleinhaltsstoffen effektiv u. a. Acetylen herstellen kann. Entsprechende Grundlagenuntersuchungen werden in unserer Republik seit Anfang der 70er Jahre im Forschungsbereich Chemie der Akademie der Wissenschaften der DDR gemeinsam mit Partnereinrichtungen der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und der chemischen Industrie durchgeführt. Dabei geht es einerseits hauptsächlich um die Lösung des Problems, das einfacher als Ethylen umsetzbare Acetylen wesentlich weniger energieaufwendig herstellen zu können. Andererseits ist der Weg über das Carbid der einzige chemische Prozeß, bei dem aus dem reaktionsträgen Koks mittels Elektroenergie und künftig auch Kernenergie ein hochreaktives Produkt gewonnen werden kann. Unter der Voraussetzung einer stoff- und energiewirtschaftlichen Optimierung wird deshalb die Acetylenherstellung aus Carbid möglicherweise zukünftig wieder interessant. [3, 4]

Walter Reppe hat neben seinem großen Beitrag zur Chemie des Acetylens auch großen Anteil an der Entwicklung der Ethylenchemie durch das Ausarbeiten neuer Verfahren zur großtechnischen Erzeugung von Ethylenoxid, Ethylenglycol und dessen Ether, sowie von Acrylsäureester aus Ethylenoxid. An der Ausformung neuer verfahrenstechnischer Wege, z. B. zur Herstellung von Synthesekautschuk

oder der Erdölverarbeitung hat er maßgeblich mitgewirkt. Von 1949 bis zu seiner Pensionierung 1957 leitete er die Forschungsarbeiten bei der BASF. Ab 1952 bis 1966 gehörte er dem Aufsichtsrat des Unternehmens an. Er war außerdem seit 1951 Honorarprofessor an der Universität Mainz und seit 1952 auch an der TH Darmstadt.

Am 26. Juli 1969 verstarb *Walter Reppe* in Heidelberg. Er war einer der markantesten Vertreter der modernen chemischen Verfahrenstechnik, der durch sein Wirken die Entwicklung der chemischen Industrie, insbesondere der Acetylen-Chemie, maßgeblich mitgeprägt hat. Zahlreiche Auszeichnungen von wissenschaftlich-technischen Gesellschaften und Vereinigungen des In- und Auslandes würdigten seine Leistungen. Die deutsche Akademie der Naturforscher „Leopoldina" zu Halle wählte ihn zu ihrem Mitglied. Er ist ein Beispiel für den neuen Typ des chemischen Technikers, wie ihn die wissenschaftlich-technische Revolution unserer Zeit erfordert, der in sich die Eigenschaften eines schöpferischen Wissenschaftlers und eines befähigten Technologen und Technikers vereinigt, um mit Sachkenntnis und Erfahrung Probleme der Grundlagenforschung erkennen, lösen und ihre Ergebnisse erfolgreich in der Praxis realisieren zu können.

Lebensdaten zu Walter Reppe

1892	Am 29. Juli in Göringen bei Eisenach geboren
1911 bis 1920	Studium der Naturwissenschaften, insbesondere der Chemie an den Universitäten Jena und München; Promotion an der Universität München; anschließend Assistent bei *K. H. Meyer*
Ab 1921	Mitarbeiter im Hauptlaboratorium der BASF
1924 bis 1934	Leitung der Lösungsmittel- und Kunststoffbetriebe in der Indigo-Abteilung der BASF bzw. des IG-Farben-Konzerns
Ab 1928	Begründung der „Reppe-Chemie"
1934	Rückkehr ins Hauptlaboratorium des IG-Farben-Konzerns; 1938 Übernahme der Leitung des Laboratoriums
1939	Direktor des Ludwigshafener Werks des IG-Farben-Konzerns
1945 bis 1947	Internierung in amerikanischer Kriegsgefangenschaft
1949 bis 1957	Leitung der gesamten Forschungsarbeiten bei der BASF
1969	*Walter Reppe* stirbt am 26. Juli in Heidelberg

Literaturverzeichnis zu Walter Reppe

[1] *Reppe, W.:* Neue Entwicklungen auf dem Gebiete der Chemie des Acetylens und Kohlenoxyds. Berlin — Göttingen — Heidelberg 1949.

[2] *Reppe, W.:* Chemie und Technik der Acetylen-Druck-Reaktionen. 2. erw. Auflage. Weinheim/Bergstraße 1952.

[3] *Nowak, S., G. Pechstein,:* Pyrolyse von Kohlenwasserstoffen. In: Spectrum, Berlin **11** (1980) 5, S. 7—10.

[4] *Keil, G., H. Klare, M. Pelagalli, H. Zobel:* Chemierohstoffe aus Kohle durch Kopplung stoff- und energiewirtschaftlicher Prozesse. In: Mitteilungsblatt der Chemischen Gesellschaft der DDR, Berlin **27** (1980) 2, S. 25 ff.

Personenverzeichnis

Abbe, E. (1840—1905) **172 ff.**, 199
Abegg, R. W. H. (1869—1910) 350
Accum, F. (1769—1838) 114
Achard, F. C. (1753—1821) 113
Agricola, G. (1494—1555) 24, 49, 52 f., **55 ff.**, 153
Alban, E. (1791—1856) **123 ff.**
Albert, J. W. 201
Alberti, L. B. (1404—1472) 43
Alexander II. (1855—1881) 317
Alexander III., d. Große (356—323 v. u. Z.) 21
Altmütter, G. (1787—1858) 145 f.
d'Amboise, Ch. (1460—1511) 42
Amici, G. B. (1786—1863) 174 f.
Anschütz, R. 150
Archimedes von Syrakus (um 287—212 v. u. Z.) 28, 30
Arco, G. Graf v. (1869—1940) **297 ff.**
Ardenne, M. v. (geb. 1907) 217
Aristoteles von Stagira (384—322 v. u. Z.) 23, 28, 31
Arkwright, R. (1732—1792) **82 ff.**, 100 ff.
Arzenberger, J. (1778—1835) 168
Atherton, P. 83
August II., der Starke (1670—1733) 72, 74
Augustus (63—14 v. u. Z.) 25
Avicenna (980—1037) 50, 57

Babbage, Ch. (1792—1871) **129 ff.**
Bacon, F. (1561—1626) 23, 96 f.
Bacon, R. (um 1210—1294) 23
Baine, Alexander (1810—1877) 313
Baird, J. L. (1888—1946) 314
Baldauf, K. G. (1751—1811) 106
Barkhausen, H. (1881—1956) **323 ff.**
Barkla, Ch. G. (1877—1944) 243
Barrow, I. (1630—1677) 131
Becher, J. J. (1635—1682) 57
Beckmann, J. (1739—1811) **94 ff.**, 111, 142, 144
Behrend, A. F. R. (1856—1926) 352
Bell, A. G. (1847—1922) 199, 202, 294
Benz, C. F. (1844—1929) 171, **204 ff.**
Berg, O. C. (1815—1866) 336
Bergius, F. (1884—1949) **348 ff.**
Bergson, H. (1859—1941) 333
Bernal, J. D. (1901—1971) 141
Berndt, G. (1880—1972) **231 ff.**
Bernstein, E. (1850—1932) 322
Bertholet, P. E. M. (1827—1907) 355
Besson, J. (um 1500—1569) 70
Beuth, Ch. P. W. (1781—1853) 147, 149
Bezold, W. v. (1837—1907) 227
Billroth, T. (1829—1894) 227
Biringuccio, V. (1480—1537) 24, **48 ff.**, 57, 70
Birkeland, K. O. B. (1867—1917) 342
Black, J. (1728—1799) 89 f.
Blathy, O. T. 319
Bleriot, L. (1872—1936) 275
Blochmann, R. S. (1784—1871) 115, 161
Blücher, G. L. v. (1742—1819) 118
Blumenbach, J. F. (1752—1840) 111, 154
Bodenstein, E. A. (1871—1942) 350
Bodenstein, M. (1871—1942) 344 f.

du Bois-Reymond, E. (1818—1896) 305
Boltzmann, L. (1844—1906) 216, 258
Booth, H. (1788—1869) 121
Borgia, C. (1475—1507) 42
Born, M. (1882—1970) 332
Borsig, A. (1804—1854) 106, 126, **148 ff.**, 160
Borsig, A. J. A. (1829—1879) 152
Bosch, C. (1874—1940) 341 f., 344 f., 351, 353
Böttger, R. (1806—1881) 199
Boulton, M. (1728—1809) **90 ff.**
Bourseul, Ch. (1829—1912) 199
Boyle, R. (1627—1691) 52, 57, 63, 67, 71
Bradley, Ch. 320
Bragg, W. H. (1862—1942) 243 f.
Bragg, W. L. (1890—1971) 243
Bramante, D. (um 1444—1514) 43
Braun, H. (1805—1877) 336
Braun, K. F. (1850—1918) 300, 302, **305 ff.**
Brendel, Ch. F. (1776—1861) **103 ff.**, 154
Brenemann, A. A. (1847—1928) 338
Büchner, L. (1824—1899) 334
Bunsen, W. (1811—1899) 338
Buz, H. v. (1833—1918) 228, 267

Caesar, G. J. (100—44 v. u. Z.) 25
Cardano, H. (1501—1576) 46
Carnot, L. H. (1801—1888) 140
Carnot, L. N. M. (1753—1823) 136
Carnot, N. L. S. (1796—1832) 92, **136 ff.**, 181, 266
Caro, H. (1834—1910) 230, 346
Caro, N. (1871—1935) **335 ff.**, 342, 346
Cartwright, E. (1743—1823) **100 ff.**
Caselli, G. (1815—1891) 313
Chanute, O. (1832—1910) 216, 271 f.
Clapeyron, B. P. E. (1799—1864) 138 f.
Clausius, R. J. E. (1822—1888) 138 ff., 181 f., 227, 305
Columella, L. I. M. (23—79) 33
Comp 168
Copernicus, N. (1473—1543) 67
Courant, R. (1888—1972) 330
Crompton, S. (1753—1827) 85
Cugnot, N.-J. (1725—1804) 117

Daimler, G. (1834—1900) 141, 195, **204 ff.**
Davy, E. (um 1785—1857) 355
Davy, H. (1778—1829) 119, 139

Debye, J. P. W. (1884—1966) 243
Demokritos von Abdera (460—371 v. u. Z.) 28
Dere, M. (1864—1938) 319
Descartes, R. (1596—1650) 23, 64 f., 333
Deutsch, H. R. M. (1525—1571) 58
Diderot, D. (1713—1784) 96
Diesel, E. (1889—1970) 265
Diesel, R. (1858—1913) 141, 228, **263 ff.**
Dietrich von Freiberg (um 1230—1311) 23
Dioscurides (1. Jh. u. Z.) 50
Doebereiner, J. W. (1780—1849) 110, 114
Dolivo-Dobrowolsky, M. O. (1862—1919) **317 ff.**
Donatus, A. (4. Jh. u. Z.) 39
Dove, H. W. (1803—1879) 336
Driesch, H. (1867—1941) 347
Dumont, A. S. (1873—1932) 274
Dürr, L. (1878—1956) 255

Eckener, H. (1868—1954) 255 f.
Edison, T. A. (1847—1931) 288, **289 ff.**, 318
Egells, F. A. (1788—1854) 149 f.
Eggert, J. E. (1891—1977) 246
Egedy, M. v. (1847—1898) 214
Eiffel, A. G. (1832—1923) 260
Einstein, A. (1879—1955) 232
Ellehammer 274
Engels, F. (1820—1895) 20, 61, 77, 85, 87, 136, 143, 162, 322, 334
Eppenstein, O. (1876—1942) 332
Erasmus von Rotterdam (1467—1536) 55
Eratosthenes von Kyrene (um 282—202 v. u. Z.) 30
Erdmann, C. G. H. (1798—1876) 336
Escher 168
Euklid von Alexandria (um 365—300 v. u. Z.) 33
Evans, O. (1755—1819) 125
Eyde, S. (1866—1940) 332
Eyth, M. (1836—1906) 205

Faraday, M. (1791—1867) 67, 313
Farman, H. (1874—1958) 274
Feoktistow, K. P. (geb. 1926) 282
Ferraris, G. (1847—1897) 319
Fischer, E. (1852—1919) 349
Fischer, F. (1877—1947) 349 f.
Fischer, G. A. (1763—1832) 160

Fischer, H. (1840—1915) 144 f.
Frank, A. (1834—1916) 230, **335 ff.**, 342, 346
Franklin, B. (1706—1790) 270
Franz I. (1494—1547) 42
Fraunhofer, J. v. (1787—1826) 160, 176
Friedrich, W. (1883—1968) 243
Friedrich Wilhelm IV. (1795—1861) 150
Frischen, C. (1830—1890) 285
Froben, J. (um 1460—1527) 55
Fulton, R. (1765—1815) 131
Fust, J. (um 1400—1466) 36, 40

Gagarin, J. A. (1934—1968) 281
Galilei, G. (1564—1642) 62, 64
Garibaldi, G. (1807—1881) 135
Gassendi, P. (1592—1655) 65
Gauß, C. F. (1777—1855) 154
Gay, S. 86
de Gennes 100
Gensfleisch zur Laden, F. (1372—1419) 34
Georg III. (1760—1820) 87
Gilbert, W. (1540—1603) 67
Glatzel 314
Glauber, J. R. (1604—1668) 57
Gmelin, J. F. (1748—1804) 111
Goddard, R. H. (1882–1945) 257
Goethe, J. W. v. (1749—1832) 110
Gossi, A. (1839—1914) 194
Gould, J. (1836—1892) 295
Grashof, F. (1826—1893) 185, 208
Gray, E. (1835—1901) 202
Grillparzer, F. (1791—1872) 145
Grimmelshausen, J. J. Ch. v. (1621—1676) 199
Grüneberg, H. J. (1827—1894) 336
Guericke, O. v. (1602—1686) **62 ff.**, 71
Gutenberg, J. (um 1400—1468) 23, **34 ff.**

Haber, F. (1868—1934) 238, 341, 343 f., 350
Hadamovsky, E. 315
Haeckel, E. (1834—1919) 175
Hahn, Ph. M. (1739—1790) 74
Halske, J. G. (1814—1890) 284 f., 300
Hantzsch, A. (1857—1935) 350
Hardenberg, K. A. v. (1750—1822) 149
Hargreaves, J. (1740—1778) 83 f., 101, 149
Harkort, F. W. (1793—1880) 106
Hartmann, R. (1809–1878) 126
Hartmann, W. (1853–1922) 190
Hartnack, E. (1826—1891) 175
Haselwander, F. A. (1859—1932) 320
Hecht, D. F. (1777—1833) 154
Hedley, W. (1779—1843) 118
Heeren, F. (1803—1885) 147
Hefner-Alteneck, F. v. (1845—1904) **284 ff.**
Heidenbroek, E. (1876—1955) 327
Heisenberg, W. (1901—1976) 330
Helmasperger, U. 36
Helmholtz, H. v. (1821—1894) 139, 176, 211, 305, 311 f.
Henschel, G. Ch. K. (1759—1835) 149, 164
Hergesell, H. (1859—1938) 255
Heron von Alexandreia (1. Jh. u. Z.) 21, 28, **30 ff.**, 46
Herring, A. M. 272
Herschel, F. W. (1738—1822) 130
Herschel, J. F. W. (1792—1871) 130 f.
Hertz, H. (1857—1894) 305, 307
Herz, W. (1875—1930) 350
Heyne, Ch. G. (1729—1812) 111
Hilbert, D. (1862—1943) 330
Hildebrandt, A. 272
Highs, T. 86
van't Hoff, J. H. (1852—1911) 352
von Hoff, K. E. A. (1771—1837) 60
Holzhausen, A. F. (1768—1827) 106
Hooke, R. (1635—1703) 43, 63
Hoppe, K. (1812—1898) 149
Hülße, J. A. (1812—1876) 128, 179
Humboldt, A. v. (1769—1859) 131
Huygens, Ch. (1629—1695) 64, 67, 88

Isajew, A. M. (1908—1971) 280

Jacquard, J.-M. (1752—1834) 134
Jeffray 100
Jelissejew, A. S. (geb. 1934) 282
Joule, J. P. (1818—1889) 139, 141, 229
Jung, G. 228

Kämnitz, B. (1831—1900) 180
Kant, I. (1724—1804) 344
Karmarsch, K. (1803—1879) 96, **142 ff.**, 184
Karolus, A. (1893—1972) 314
Kästner, A. G. (1719—1800) 111
Kay, J. (1704—1764) 83 f.
Keldysch, M. W. (1911—1978) 281
Kellner, C. (1826—1855) 174

Kempelens, W. v. (1734—1804) 101
Kepler, J. (1571—1630) 62
Kirchhoff, G. R. (1824—1887) 305
Kirchhoff, G. S. (1764—1833) 114
Kierkegaard, S. A. (1813—1855) 344
Kittler, E. (1852—1929) 317
Klein, F. (1849—1925) 227, 230
Knipping, P. (1883—1935) 243
Kober, T. (1865—1930) 252
Kohlrausch, F. W. G. (1840—1910) 199
Korn, A. (1870—1945) 314
Körner, F. (1778—1847) 172
Koroljow, S. P. (1907—1966) **277 ff.**
Krauß, G. (1826—1906) 227 f.
Krebs, A. C. 250
Krupp, A. F. (1854—1902) 266 f.
Ktesibios (um 300 v. u. Z.) 27, 30, 67
Kunckel von Löwenstern, S. (1638—1703) 50
Kunz, C. T. (1791—1863) 164
Kurtschatow, I. W. (1903—1960) 282

Lacroix, S. F. (1765—1843) 131
Ladenburg, A. (1842—1911) 352
de La Fontaine, J. (1621—1695) 137
Lampadius, W. A. (1772—1842) **110 ff.**
Lamprecht, W. K. (1856—1915) 141, 344
Lang, K. 288
Langen, E. (1833—1895) 170, 191 ff., 205 f.
Laue, M. v. (1879—1960) 243
Lavoisier, A. L. (1743—1794) 111, 139
Le Chatelier, H. (1850—1936) 238
Leibniz, G. W. (1646—1716) 44, 64, 87, 96, 130, 335
Lenin, W. I. (1870—1924) 11, 277
Lenoir, J. J. E. (1822—1900) 141, 192 ff., 204, 209
Leonow, A. A. (geb. 1934) 281
Leupold, J. (1674—1727) 24, **69 ff.**
Lichtenberg, G. Ch. (1742—1799) 111
Lieben, R. v. (1878—1913) 325
Liebig, J. v. (1803—1873) 112 f., 337
Liesegang, E. 313
Lilienthal, G. (1849—1933) 212
Lilienthal, O. (1848—1896) **211 ff.**, 271
Lincoln, A. (1809—1865) 250
Linde, C. P. G. v. (1842—1934) 182, 190, **226 ff.**, 264 ff.
Linde, F. (geb. 1870) 230
Linde, R. (geb. 1876) 230
Linné, C. v. (1707—1778) 95
Löber, A. (1830—1912) 174
Loewe, L. (1837—1886) 234
Lowitz, T. (1757—1804) 112
Lübke, W. (1826—1887) 227
Lyell, Ch. (1797—1875) 60

Macchiavelli, N. (1469—1527) 42
Maffei, S. A. v. (1790—1870) 149
Magnus, A. (um 1193—1280) 22, 50, 57
Magnus, G. (1802—1870) 305 f., 336
Mandelstam, I. I. (1879—1944) 309
Manutius, A. (1448—1515) 55
Marconi, G. (1874—1937) 300, 308
Marggraf, A. S. (1709—1782) 113
Margueritte 338
Marx, K. (1818—1883) 20, 59, 76, 86, 97, 130, 132, 142 ff., 334
Maurenbrecher, B. (1868—1892) 344
Maurer, E. (1886—1969) **237 ff.**
Maxwell, J. C. (1831—1879) 258
Maybach, W. (1846—1929) 195, 204 ff., 208
Mayer, J. R. (1814—1878) 139, 141, 181, 347
Means, J. (1853—1920) 271
de Medina, B. (1527—1580) 53
Menabra, L. F. (1809—1886) 135
Merkel, F. (1892—1929) 183
Meschtscherski, I. W. (1859—1935) 260
Meyer, K. H. (1883—1952) 356
Mihaly, D. v. 314
Miller, O. v. (1855—1934) 230, 320 f.
Mitscherlich, E. (1794—1863) 336
Mittasch, A. (1869—1953) **342 ff.**, 349
Moissan, F. F. H. (1852—1907) 338
Moleschott, J. (1822—1893) 334
Mollier, R. (1863—1935) 128, 183
Mond, L. (1839—1903) 338
Montgolfier, J.-E. (1745—1799) 46
Montgolfier, J.-M. (1740—1810) 46
Mosellanus, P. (1493—1524) 55
Mouillard, L.-P. (1834—1897) 271
Münchhausen, G. A. v. (1688—1770) 96
Murdock, W. (1754—1839) 117

Nagel, A. v. (geb. 1903) 346
Nagel, Ch. A. (1821—1903) 159
Napoleon I. (1769—1821) 105, 114, 137
Nassau, A. v. 40

Need, S. 84
Nernst, W. H. (1864—1941) 343, 349, 352
Nesper, E. (1879—1961) 323
Newcomen, T. (1663—1729) 67, 87 ff.
Newton, I. (1643—1727) 23, 67, 130 f.
Nietzsche, F. (1844—1900) 347
Nipkow, P. (1860—1940) **311 ff.**
Nobel, A. (1833—1896) 340
Nusselt, E. K. W. (1882—1957) 183

Oberhäuser, G. (1798—1868) 174
Oberth, H. (geb. 1894) 257, 260 f.
Oerstedt, H. Ch. (1777—1851) 115
Osmond, F. (1849—1912) 238
Ost, F. H. T. (1852—1931) 350
Ostwald, W. (1853—1932) 138 ff., 343 ff.
Otto, N. A. (1832—1891) 141, 191, **192 ff.**, 205 f., 209
Otto, W. 194

Page, Ch. (1812—1868) 200
Papalexi, N. D. (1880—1947) 309
Papin, D. (1647—1714) 67, 74, 87 f., 92
Pascal, B. (1623—1662) 64, 66, 130, 137
Paul, L. (gest. 1859) 84, 86
Peacock, G. (1791—1858) 130
Pease, E. (1767—1858) 120
Peel, R. (1750—1830) 84
Pelterie, R. E. (1881—1957) 257
Peregrinus von Maricourt, P. (13. Jh.) 23
Perkins, J. (1766—1849) 124
Peruzzi, B. (1481—1536) 49
Peter, H. F. 201
Petrucci, B. (geb. um 1492) 48
Petrucci, F. 48
Petrucci, P. (1452—1512) 48
Philon von Byzanz (um 230 v. u. Z.) 30, 33
Pier, M. (1882—1965) 347, **348 ff.**
Pinner, A. (1842—1909) 339
Planck, M. (1858—1947) 141, 232
Platon (427—347 v. u. Z.) 28
Playfair, L. (1818—1898) 338
Plinius d. Ä. (23—79) 33, 50
Poggendorf, J. Ch. (1796—1877) 138, 201
Polsunow, I. I. (um 1728—1766) 88
Poncelet, J. V. (1788—1867) 180
Poppe, A. (1814—1894) 200
Poppe, J. H. M. v. (1776—1854) 98, 144
Poquelin, J.-B. (Moliere) (1622—1673) 137
Prandtl, L. (1875—1953) 260
Prechtl, J. J. (1778—1854) 145 f.
Preece, W. H. (1834—1914) 300
Prony, G.-C. F. (1755—1839) 132 f.
Pythagoras von Samos (etwa 540—500 v. u. Z.) 28

Quincke, G. H. (1834—1924) 306

Radcliffe, W. 102
Ramelli, A. (um 1530—1590) 70, 73
Rathenau, E. (1838—1915) 203, 208, 318
Ravensworth (1775—1855) 119
Redtenbacher, J. F. (1809—1863) 81, **167 ff.**, 184 f., 208
Regnault, V. (1810—1878) 180
Reis, J. P. (1834—1874) **198 ff.**
Renard, Ch. (1874—1905) 250
Reppe, W. (1892—1969) **355 ff.**
Reuleaux, F. (1829—1905) 167, 170, **184 ff.**, 213, 227
Richter, F. A. (1846—1910) 214
Riedler, A. (1850—1936) 190
Rinne, F. (1863—1933) 244
Ritter, J. W. (1776—1810) 115 f., 200
Rittershaus, T. v. (1843—1899) 190
de Rochas, A. B. (1815—1893) 196 f.
Roebuk, J. (1718—1794) 90
Röntgen, W. C. (1845—1923) 182, 243
Rose, H. (1795—1864) 336
Rothe, F. (1867—1958) 340
Rubens, H. (1865—1920) 232
Rumpler, E. (1872—1940) 272
Russell, B. (1872—1969) 330

Sabatier, P. (1854—1941) 349
Saspach, C. 38
Sauter, F. (geb. 1906) 244
Savery, T. (um 1650—1715) 74, 87 f.
Schacht, H. E. (1814—1864) 336
Scheele, C. W. (1742—1786) 57
Scherra, P. (1890—1969) 243
Scheutz, E. (1821—1881) 133
Scheutz, P. G. (1785—1873) 133
Schickhard, W. (1592—1635) 130
Schiebold, E. (1894—1963) **243 ff.**
Schinkel, K. F. (1781—1841) 147
Schipper, F. (geb. 1849) 228

Schleiden, M. J. (1804—1881) 173 f.
Schlieffen, A. v. (1833—1913) 251
Schlözer, A. L. v. (1735—1809) 95
Schmidt, P. 201
Schneider, Ch. (1887—1972) 347, 349
Schöffer, P. (um 1425—1503) 36, 39
Schönborn, J. P. v. (1605—1673) 63
Schopenhauer, A. (1788—1860) 347
Schott, C. (1608—1666) 67
Schott, F. O. (1851—1935) 79, 177
Schröter, M. (1851—1925) 168, 266
Schubert, J. A. (1808—1870) **160 ff.**
Schwartzkopf, L. (1825—1892) 149, 298
Schwarz, D. (gest. 1897) 259
Sedlmayr, G. (1811—1891) 228
Semper, G. (1803—1879) 227
Senderens, B. (1856—1937) 349
Seneca (4 v. u. Z.—65 u. Z.) 33
Senlecq, C. 313
Seubert, K. F. O. (1851—1942) 350
Siemens, W. v. (1816—1892) 203, 284 ff., 288, 299, 300, 317
Siemens, W. (1823—1883) 229, 286
Simon, H. T. (1870—1918) 323
Shukowski, N. J. (1847—1921) 216, 260, 277
Slaby, A. (1849—1913) **297 ff.,** 311
Smalley, J. 83 f.
Smeaton, J. (1724—1792) 88
Smith, A. (1723—1790) 89
Solvay, E. (1838—1922) 229
Sourdeval 338
Spinoza, B. (1632—1677) 333
Stahl, G. E. (1647—1691) 57
Stalin, J. W. (1879—1953) 262
Stephan, H. v. (1831—1897) 203
Stephenson, G. (1781—1848) **117 ff.,** 149, 204
Stephenson, R. (1803—1859) **117 ff.**
Sternberg, J. v. (1755—1808) 111 f.
Storrocks, W. 102
Strutt, J. (1726—1777) 84

Tesla, N. (1856—1943) 319 f.
Tereschkowa, W. (geb. 1937) 281
Thaer, A. D. (1752—1828) 95
Thompson, B. (1753—1814) 139
Thomson, C. W. (1824—1907) 138 f.
Thomson, R. W. (1822—1873) 229
Torricelli, E. (1608—1647) 31, 63 f., 66
Trebra, W. H. v. (1740—1819) 105, 110
Trevithick, R. (1771—1833) 117 ff., 124 f.
Trinks, J. 168
Tropsch, H. (1889—1935) 350
Tschaplygin, S. A. (1869—1942) 279
Tuchatschewski, M. N. (1893—1937) 278
Tupolew, A. N. (1888—1972) 277

de Vauvanson, J. (1709—1782) 100
Veith, G. 168
Verne, J. (1828—1905) 258
des Verrocchio, A. (1436—1488) 41
da Vinci, L. (1452—1519) 23, **41 ff.,** 100
Vischer, F. T. (1807—1887) 227
Vitruv (etwa 90—10 v. u. Z.) 21, **25 ff.,** 32 f.
Viviani, V. (1622—1703) 63
Vogt, C. (1817—1895) 336
Vuia, T. (1872—1950) 276

Wagner, J. E. (1857—1924) 346
Watt, J. (1736—1819) 67, 74, 84, **87 ff.,** 117, 126, 149, 181
Wawilow, S. I. (1891—1951) 279
Weffringer, B. 58
Weigel, E. (1625—1699) 69
Weihe, C. (1872—1959) 190
Weisbach, J. L. (1806—1871) **153 ff.,** 162, 167, 179, 184
Wellington, A. (1769—1852) 121
Werner, A. G. (1749—1817) 112
Wien, M. (1866—1938) 302
Wiener, N. (1894—1964) **329 ff.**
Wierisch zur Steinernen Krame, E. (um 1386—1433) 34
Wilbrand, F. J. J. (1811—1894) 355
Wilhelm II. (1859—1941) 208, 252, 255
Wilkinson, J. (1728—1808) 90 f.
Wilson, T. L. 340
Witelo (um 1230—1280) 23
Wöhler, F. (1800—1882) 251, 355
Wöhlert, A. (1819—1914) 149
Wolff, Ch. (1679—1754) 96
Wright, O. (1871—1948) 216, 259, **270 ff.**
Wright, W. (1867—1912) 259, **270 ff.**
Woronski 129
Wucherer, R. (geb. 1875) 230
Wundt, W. (1832—1920) 344, 347
Wüst, F. (1860—1938) 238
Wyatt, J. (1700—1766) 86
Wyatt, K. 110
Wyss 168

Zeiß, C. (1816—1888) **172 ff.**, 214
Zeiß, R. (1850—1919) 177
Zenneck, J. (1872—1959) 309 f.
Zeppelin, F. Graf v. (1838—1917) 208, **249 ff.**
Zeppelin, F. Graf v. (1807—1886) 249
Zeuner, G. A. (1828—1907) 128, 167, 171, **178 ff.**, 185, 227, 266
Ziolkowski, K. E. (1857—1935) **257 ff.**, 277 ff., 282
Zipernowsky, K. (1853—1942) 321
Zuse, K. (geb. 1910) 130
Zworykin, W. K. (geb. 1889) 314

Autorenverzeichnis

Dr. sc. phil. Gerhard Banse, AdW der DDR, Zentralinstitut für Philosophie (Technik — Geschichte — Gesellschaft; Einführungen zum 2. und 3. Kapitel).
Doz. Dr. sc. techn. Egon Becker, TH „Otto von Guericke" Magdeburg, Sektion Technologie der metallverarbeitenden Industrie (Schiebold).
Dr. phil. Detlef Belau, Medizinische Akademie Dresden, Institut für Marxismus-Leninismus (Borsig).
Dr.-Ing. Herbert Börner, TH Ilmenau, Sektion Informationstechnik und theoretische Elektrotechnik (Barkhausen).
Dr. phil. Horst Büttner, Bundessekretariat des Kulturbundes der DDR (Gutenberg).
Dr. phil. Günter Conrad, TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Marxismus-Leninismus (Berndt).
Dr. rer. nat. Lothar Dunsch, AdW der DDR, Institut für Technologie der Fasern (Lampadius).
Dr. phil. Karl-Heinz Flemmig, TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Marxismus-Leninismus (Carnot).
Dr. phil. Karoly Gerner, Ingenieurschule „Rudolf Diesel" Meißen (Diesel; Edison; Otto).
Dr. phil. Wolfgang Girnus, AdW der DDR, Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaften (Bergius und Pier; Frank und Caro; Mittasch; Reppe).
Dipl.-Ing. Eberhard Hädrich, Ingenieurschule „Rudolf Diesel" Meißen (Diesel; Otto).
Prof. Dr. phil. habil. Erwin Herlitzius, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (Agricola).
Dr. phil. Dieter Hoffmann, AdW der DDR, Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaften (Braun; Dolivo-Dobrowolsky; Hefner-Alteneck; Slaby und Graf von Arco).
Dr. phil. Horst Kant, AdW der DDR, Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaften (Linde; Reis; G. und R. Stephenson; Watt; Ziolkowski).
Dr. sc. phil. Heinz Liebscher, AdW der DDR, Zentralinstitut für Philosophie (Wiener).
Dr. rer. nat. Dieter Lohmann, TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Marxismus-Leninismus (Zeuner).
Dr.-Ing. Klaus Mauersberger, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (Reuleaux).
Dr. rer. oec. Dieter Merzdorf, URANIA-Präsidium (Daimler und Benz).
Dr. sc. phil. Michael Nier, TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Marxismus-Leninismus (Redtenbacher).
Doz. Dr.-Ing. Karl-Otto Prietzel, TH „Otto von Guericke" Magdeburg, Sektion Technologie der metallverarbeitenden Industrie (Maurer).
Prof. Dr. rer. oec. habil. Siegfried Richter, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Sektion Wirtschaftswissenschaften (Arkwright; Cartwright; Nipkow).
Dr. phil. Horst Schild, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (Zeiß und Abbe).
Dr.-Ing. Ditmar Schneider, TH „Otto von Guericke" Magdeburg, Sektion Marxismus-Leninismus (Maurer; Schiebold).
Dipl.-Ing. Andreas Schott, TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Fertigungsprozeß und -mittel (Berndt).
Dipl.-Ing. Bernhard Sieberth, TU Dresden, Direktorat für Studienangelegenheiten (Alban).
Dr. phil. Uta Sieberth, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (Alban).
Prof. Dr. rer. oec. et phil. habil. Rolf Sonnemann, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (Leupold; Schubert).
Dr. paed. Bernd Thiele, Humboldt-Universität Berlin, Sektion Pädagogik (Beckmann; Karmarsch).
Dr. rer. nat. Annette Vogt, AdW der DDR, Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaften (Babbage; Koroljow).

Doz. Dr. rer. nat. habil. Otfried Wagenbreth, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (Brendel; Weisbach).
Dr. phil. Michael Waßermann, Heimatmuseum „Otto Lilienthal", Anklam (Lilienthal).
Dr. sc. phil. Hans-Ullrich Wöhler, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (Heron; Vitruv).
Prof. Dr. sc. phil. et pol. Ernst Woit, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (W. und O. Wright; Graf von Zeppelin).
Prof. Dr. phil. habil. Siegfried Wollgast, TU Dresden, Sektion Philosophie und Kulturwissenschaften (Einführung zum 1. Kapitel; Biringuccio; Guericke; da Vinci).

Das Personenregister wurde erstellt von Dipl.-Päd. Bärbel Banse.

Quellenverzeichnis der Bilder

ADN-ZB (62, 92, 199, 200, 202, 213, 215, 216, 258, 259, 261, 278, 282, 336, 339, 343, 349, 351, 355). Agricola: Ausgewählte Werke, Berlin 1956—82 (56 l., 56 r., 59, 60). Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Leipzig (246, 247). Autoren (55, 104, 106, 107, 108 l., 130, 132, 134, 165, 232, 233, 235, 284, 286, 288, 289, 299, 301, 302, 303, 306, 308, 309, 324, 325, 326, 330, 331). Balmer: Antlitze großer Schöpfer, Basel 1961 (137). Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie 12 (1922) (114). Bergakademie Freiberg (108 r., 154, 159). Berliner Stadtbibliothek (206). Biringuccio: Pirotechnia, Venedig 1558 (48, 49, 51, 52, 53, 54). Bröckelmann: Wir Luftschiffer, Berlin und Wien 1909 (253, 275). Bruch: Kleine Geschichte des deutschen Fernsehens, Berlin-West 1967 (315). Civil-Ingenieur, Bd. 9 (156).
Das Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien, Leipzig o. J. (82). Deutsche Fotothek Dresden (95, 98, 111, 112, 115, 239, 240, 241, 251, 252). Deutsche Staatsbibliothek (35, 36 l., 36 r., 37 l., 37 r., 39 l., 39 r.) Esche: Carl Zeiß — Leben und Werk, Jena 1966 (173, 174 l., 174 r., 176) Exner: Lebensbilder führender österreichischer Polytechniker, Wien 1927 (143, 144, 146, 167). Geschichte der Technik, Leipzig 1967 (266). Heimatmuseum „Otto Lilienthal" Anklam (212). Kosmodemjanski: Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski, Moskau, Leipzig 1979 (279, 281). Kraftfahrzeugtechnik 3/1958 (265).
Lampadius: Beiträge zur Erweiterung der Chemie und Hüttenkunde, Freiberg 1804 (113). AdW der DDR, Bildstelle (318). Lenard: Große Naturforscher, München 1937 (139). Leupold: Theatrum machinarum, Leipzig 1725 (71). Leupold: Theatrum machinarum generale, Leipzig 1724 (72, 73). Lücke: Leonardo da Vinci, Leipzig 1952 (42, 44 l., 44 r., 45 l., 45 r.). Matschoß: Dr. Ernst Alban, Berlin 1940 (125, 126, 127, 128). Matschoß: Große Ingenieure, Berlin, München 1937 (193, 264). Moll/Reuleaux: Constructionslehre für den Maschinenbau, Braunschweig 1854—64 (188, 189). Müller/Rook: Herkules in der Wiege, Leipzig, Jena, Berlin 1980 (88 r., 90, 101, 121). Neue Hütte 9/1955—56 (238). Praktisches Handbuch des Baumwollen-Manufakturwesens, Weimar 1837 (85). Reuleaux: Theoretische Kinematik, Braunschweig 1875 (190). Sächsische Landesbibliothek Dresden (64, 66). Schiebold, Charlotte (244, 245). Schreier, W. und H. Schreier: Thomas Alva Edison, Leipzig 1978 (290, 291, 295, 296). Sittauer: Nicolaus August Otto und Rudolf Diesel, Leipzig 1978 (196, 197). Sonnemann: Allgemeine Geschichte der Technik, Leipzig 1980 (118). Sonnemann: Geschichte der Technik, Leipzig 1978 (151, 194, 226, 229, 292, 294). Technikgeschichte 42/1975 (69). TU Dresden (123, 161, 163, 179, 181, 182, 328). United States National Museum Bulletin 228 (185, 187). Universitätsbibliothek Berlin (94). Urania 27/1964 (333). Verkehrsmuseum Dresden (204, 205, 207, 209). Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin (88 l.). Weisbach: Anleitung zum axonometrischen Zeichnen, Freiberg 1857 (155 l.). Weisbach: Die Experimental-Hydraulik, Freiberg 1855 (157). Weisbach: Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, Braunschweig 1850 (155 r.). Wissmann: Geschichte der Luftfahrt. Berlin 1960 (250, 254, 255, 270, 271, 272, 273, 274). Zeichnungen: Atelier VWV (25, 31, 32).